

1	He	2	
1s <sup>1</sup>	4,002602±2	1s <sup>2</sup>	
1	ГЕЛИЙ	2	
9	Ne	10	
2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	20,179±1	2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	
7	НЕОН	8	
17	Ar	18	
3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	39,948±1	3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	
7	АРГОН	8	
4	In	26	Fe
4,938	114,818	3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	5d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
РИЗЕНЦ	ЖЕЛЕЗО		
35	Kr	36	
4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>	83,80±1	4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>	
7	КРИПТОН	8	
Te	44	Ru	
97,9072	101,07±2	4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	5d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>
СНЕЦИЙ	РУТЕНИЙ		
53	Xe	54	
5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>	131,29±3	5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>	
7	КСЕНОН	8	
Re	76	Os	
186,207±1	190,2±1	5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>
РЕНИЙ	ОСМИЙ		
85	Rn	86	
6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>	222,0176	6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>	
7	РЭДОН	8	
Zh	108	Hs	
[262]	[265]	6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup>	6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup>
БОРИЙ	ХАССИЙ		
** ЛАНТАНОИДЫ			
64	Tb	65	
5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	158,9254±1	5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	
7	ТЕРБИЙ	8	
** АКТИНОИДЫ			
96	Bk	97	
25			

Н.Е. Кузнецова  
А.Н. Лёвкин

# Задачник по химии

# 10

класс



Вентана-Граф

Н.Е. Кузнецова

А.Н. Лёвкин

Задачник  
по химии  
10 класс



Москва

Издательский центр

«Вентана-Граф»

2011

**Кузнецова Н.Е.**  
К89      Задачник по химии : 10 класс : для учащихся общеобразовательных учреждений / Н.Е. Кузнецова, А.Н. Лёвкин. — М. : Вентана-Граф, 2011. — 144 с. : ил.

ISBN 978-5-360-02482-8

Задачник включает типовые расчётные задачи, задания с элементами качественного анализа, творческие и повышенного уровня сложности. Особенность задачника в том, что задания подобраны применительно не к отдельному понятию или закону, а к комплексу знаний, раскрываемых в учебнике для 10 класса. В конце пособия приведены примеры решения задач различных типов.

Разнообразие предложенных задач позволяет учителю использовать пособие в соответствии с уровнем подготовки учащихся.

Соответствует федеральному компоненту государственных образовательных стандартов среднего (полного) общего образования (2004 г.).

ББК 24я72

---

*Учебное издание*

**Кузнецова Нинель Евгеньевна**  
**Лёвкин Антон Николаевич**

**Задачник по химии**

10 класс

для учащихся общеобразовательных учреждений

Редактор *О.М. Нечаева*. Внешнее оформление *О.Ю. Скочко*

Художественный редактор *А.Б. Орешкина*

Компьютерная верстка *Ю.В. Киселевой*

Технический редактор *Л.В. Коновалова*

Корректоры *В.А. Коротаева, Н.А. Шарт, А.С. Цибулина*

Подписано в печать 29.11.10. Формат 70×90/16. Гарнитура NewBaskervilleC  
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 9,0. Тираж 1000 экз. Заказ № 1125

ООО Издательский центр «Вентана-Граф»

127422, Москва, ул. Тимирязевская, д. 1, корп. 3

Тел./факс: (495) 611-15-74, 611-21-56. E-mail: info@vgf.ru, http://www.vgf.ru

Отпечатано в полном соответствии

с качеством предоставленного оригинал-макета

в ОАО «Издательско-полиграфическое предприятие „Правда Севера“»

163002, г. Архангельск, просп. Новгородский, 32

E-mail: zakaz@ippps.ru, http://www.ippps.ru

# Предисловие

Дорогие друзья! Перед вами пособие по химии – сборник задач и упражнений. Этот сборник ориентирован на учебник химии для 10 класса под ред. Н.Е. Кузнецовой и входит в состав его методического комплекта. Также этот задачник может использоваться и в работе по учебникам других авторов.

В нашем сборнике задачи сгруппированы по темам, последовательно изучаемым в курсе органической химии. В каждом из разделов сначала приводятся упражнения для отработки определенных умений и навыков, для закрепления изучаемого материала, затем предлагаются расчетные задачи. Они расположены по возрастанию уровня сложности от простых расчетных задач до олимпиадных. Для освоения образовательного стандарта по химии от учащегося вовсе не требуется решить все задачи по изучаемой теме. Большое количество различных заданий дает возможность варьировать их в зависимости от уровня подготовленности учащихся и выбранной специализации.

Мы стремились, чтобы в нашем сборнике были как вполне решаемые задачи, так и задачи для тех, кто связывает свою будущую профессию с химией. В каждом из разделов приводятся задачи разных типов, но в то же время в сборник включено достаточно задач одного типа для работы над формированием определенных умений и навыков. Это позволяет разобрать ход решения нескольких однотипных задач в классе, закрепить тот или иной навык во время самостоятельной работы и проверить степень освоения учебного материала на последующих занятиях. В то же время в сборнике имеются задачи, решение которых носит творческий характер и требует нестандартного мышления.

В конце задачника имеется специальная глава, в которой приведены примеры и способы решения задач и метод выполнения заданий на генетическую связь органических веществ. К расчетным задачам в конце сборника даны ответы.

Благодарим профессора химического факультета МГУ, д-ра хим. наук В.Г. Ненайденко, заслуженного учителя России, учителя школы № 842 г. Москвы Г.В. Бронзову, директора лицея № 1303 г. Москвы С.Е. Семенова за ценные замечания, сделанные в ходе работы над задачником.

Желаем вам, дорогие друзья, творческих успехов в вашем труде и надемся, что эта книга поможет вам в вашей работе. Отзывы и пожелания можно отправить авторам по электронной почте, наш адрес: [andgray@yandex.ru](mailto:andgray@yandex.ru).

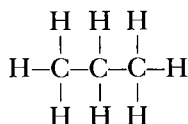
*Авторы*

**Положения теории химического строения А.М. Бутлерова:**

1. Атомы в молекулах соединяются в строго определенном порядке согласно валентности элементов.
2. Свойства органических веществ зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от того, в каком порядке соединены атомы в молекулах, т. е. от химического строения.
3. Атомы в молекулах взаимно влияют друг на друга.
4. Химическое строение может быть установлено химическими методами.

**Химическое строение органических веществ**

Порядок соединения атомов в молекулах А.М. Бутлеров называл **химическим строением**. Например, порядок соединения атомов в молекуле пропана  $C_3H_8$  можно отразить формулой:



Такая формула называется **полной (развернутой) структурной формулой**.

Формулы, в которых валентными штрихами обозначают  $C-C$  связи и не обозначают связи  $C-H$ , называются **сокращенными структурными формулами**. Для пропана сокращенная структурная формула:



Для более наглядного представления строения органических соединений используются модели молекул, отражающие не только порядок соединения атомов в молекуле, но и расположение их в пространстве. Широко используются шаростержневые и масштабные модели (рис. 1).

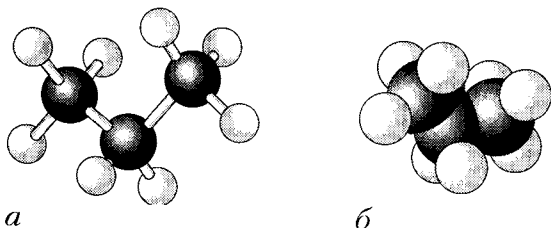


Рис. 1. Шаростержневая (а) и масштабная (б) модели молекулы пропана

## Некоторые понятия органической химии

**Изомеры** – вещества, молекулы которых имеют одинаковый качественный и количественный состав, но различное строение и вследствие этого разные свойства (от греч. *isos* – «равный» и *meros* – «доля», «часть»).

**Гомологи** (от греч. *homologos* – «подобный») – органические соединения, имеющие сходное строение и сходные химические свойства, но по составу отличающиеся друг от друга на одну или несколько метиленовых групп  $-\text{CH}_2-$ .

Метиленовая группа  $-\text{CH}_2-$  называется **гомологической разностью**.

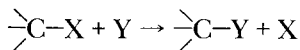
Гомологи, расположенные в порядке возрастания их относительной молекулярной массы, образуют **гомологический ряд**. Физические свойства гомологов закономерно изменяются с ростом числа метиленовых групп.

**Химическая номенклатура** – система названий веществ, их групп и классов, а также правила составления этих названий. С 1957 г. используются *Правила номенклатуры органических соединений IUPAC* (ИЮПАК – Международный союз теоретической и прикладной химии).

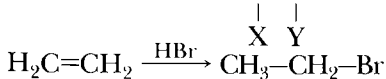
Тривиальные названия веществ сложились исторически. В тривиальном названии соединения обычно указывается источник его обнаружения или получения (масляная кислота, валериановая кислота, лактоза и т. д.), какое-либо из характерных свойств, например пикриновая кислота (от греч. *picros* – «горький»), глюкоза (от греч. *glycys* – «сладкий»).

## Типы органических реакций

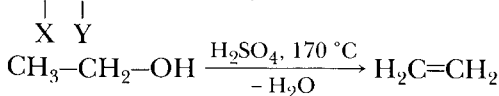
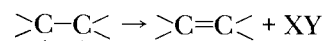
### 1. Реакции замещения



### 2. Реакции присоединения



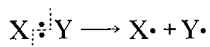
### 3. Реакции отщепления



## Способы разрыва химических связей

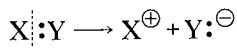
В ходе химических реакций возможен **гомолитический** и **гетеролитический** разрыв связей.

В результате **гомолитического** разрыва образуются частицы, имеющие неспаренные электроны. Они называются **радикалами**, а реакции, в которых они образуются, – **радикальными**:



Гомолитическое расщепление сопровождается процессами, осуществляемые при высоких температурах или на свету в отсутствие растворителя (в газовой фазе) или в неполярных растворителях.

В результате **гетеролитического** расщепления связи образуются **ионы**



Такие реакции классифицируют как **ионные**. Гетеролитическому расщеплению связей способствует наличие полярного растворителя и катализатора.

Заряженные или нейтральные частицы с дефицитом электронной плотности называются **электрофильными**, а с избытком – **нуклеофильными**. Электрофил выступает в качестве акцептора электронной пары, а нуклеофил – донора. Если первой атакующей частицей является электрофил, то такая реакция называется **электрофильной** (электрофильное присоединение в алкенах, электрофильное замещение в ароматических углеводородах). Если реакция начинается с атаки нуклеофильной частицы, то и сама реакция классифицируется как **нуклеофильная** (нуклеофильное присоединение по связи C=O, нуклеофильное замещение в спиртах и галогенопроизводных углеводородах).

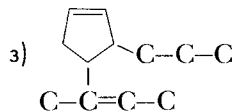
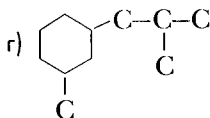
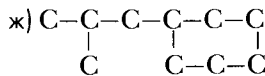
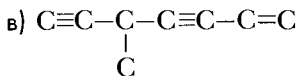
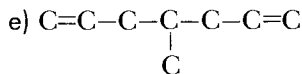
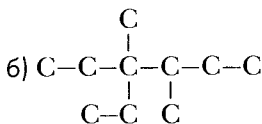
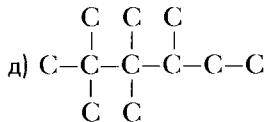
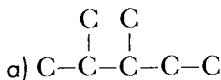
При обсуждении механизма реакций органическую молекулу принято называть **субстратом**, а частицы, которые ее атакуют, – **реагентами**. Реагентами могут быть свободные радикалы, ионы (электрофильные или нуклеофильные частицы) и нейтральные молекулы.

## Классификации органических реакций с учетом их механизма

- свободнорадикальное замещение
- электрофильное замещение
- нуклеофильное замещение
- свободнорадикальное присоединение
- электрофильное присоединение
- нуклеофильное присоединение
- отщепление

## Вопросы и задания

- 1–1. По данному углеродному скелету составьте сокращенные структурные формулы органических веществ. Запишите соответствующие молекулярные формулы:



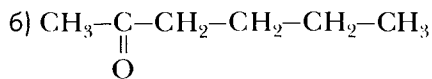
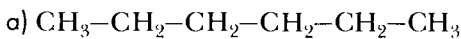
### Образец выполнения задания

Углеродный скелет	Сокращенная структурная формула	Молекулярная формула
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$
	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\   \quad \quad \quad   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{CH}_2 \end{array}$	$\text{C}_7\text{H}_{14}$

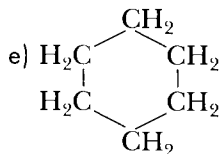
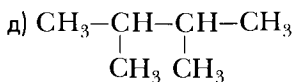
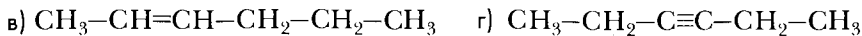
**1-2.** Составьте сокращенные структурные формулы веществ, отвечающих следующим молекулярным формулам: а)  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ; б)  $\text{C}_2\text{H}_4$ ; в)  $\text{C}_3\text{H}_6$ ; г)  $\text{CH}_4\text{O}$ ; д)  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

**1-3.** Составьте возможные сокращенные структурные формулы изомеров, отвечающих молекулярным формулам: а)  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ; б)  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ; в)  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .

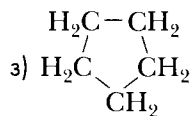
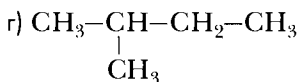
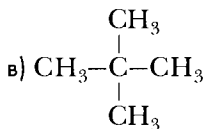
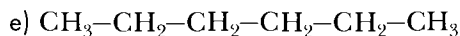
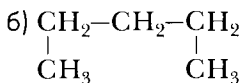
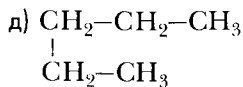
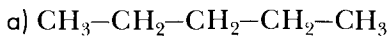
**1-4.** Определите, сколько пар изомеров находится среди веществ, формулы которых приведены ниже:





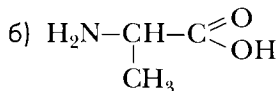
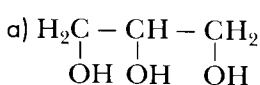


1-5. Найдите изомеры среди веществ, формулы которых приведены ниже:



1-6. Составьте структурные формулы изомеров, отвечающих молекулярной формуле: а)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , б)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ , которые принадлежат к разным классам органических веществ.

1-7. Ниже приведены формулы органических веществ и даны их тривиальные названия. К каким классам можно отнести эти вещества? Какие функциональные группы присутствуют в этих соединениях?

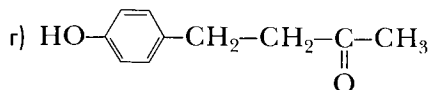
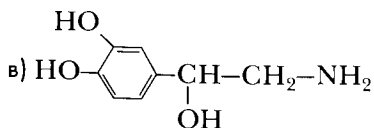


глицерин

аланин

(необходим для синтеза жиров)

(аминокислота, участвует в синтезе белков)

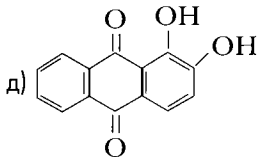


норадrenalин

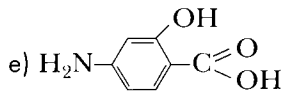
кетон малины

(участвует в передаче нервного импульса)

(душистое вещество с запахом малины)



ализарин (краситель)



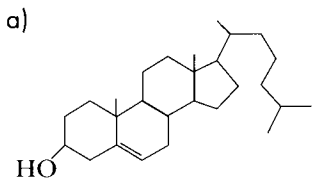
*p*-аминосалициловая кислота  
(противомикробный препарат)

**1-8.** Из подземных органов Веха ядовитого (*Cicuta virosa*) выделены непредельные спирты, формулы которых приведены ниже (даны их тривиальные названия):

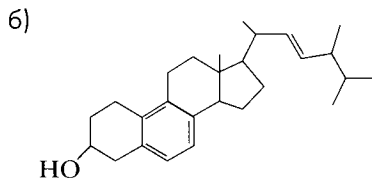


Они обладают высокой токсичностью, чем и объясняется ядовитое действие веха. Определите, к каким классам органических веществ можно было бы отнести эти вещества, и составьте их молекулярные формулы.

**1-9.** Ниже приведены структурные формулы двух веществ, имеющих важное значение в организме:



холестерин



витамин D<sub>2</sub>

Преобразуйте эти формулы, обозначив все атомы углерода и водорода символами соответствующих элементов, и напишите молекулярные формулы этих веществ.

**1-10.** Какова электронная конфигурация атомов: а) водорода, б) углерода, в) хлора, г) серы, д) азота, е) фосфора?

**1-11.** По электронным конфигурациям валентного слоя определите химический элемент, укажите его тип (*s*, *p* или *d*-элемент): а)  $3s^1$ ; б)  $3s^23p^4$ ; в)  $3s^23p^3$ ; г)  $2s^2$ ; д)  $4s^24p^1$ ; е)  $3d^24s^2$ ; ж)  $3d^34s^2$ ; з)  $5s^25p^6$ .

**Образец выполнения задания**

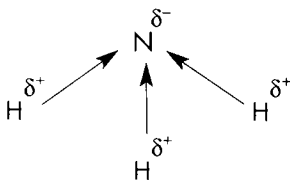
Электронная конфигурация валентного слоя:  $3d^34s^2$ . Элемент: Ванадий, V, d-элемент.

- 1–12. Какова электронная конфигурация следующих частиц: а) атома аргона; б) иона калия; в) иона кальция; г) хлорид-иона; д) сульфид-иона?
- 1–13. Приведите примеры ионов, у которых электронная конфигурация такая же, как: а) у атомов неона; б) у ионов фтора  $F^-$ ; в) у ионов цинка  $Zn^{2+}$ .
- 1–14. Приведите несколько примеров частиц с конфигурацией внешнего энергетического уровня  $2s^22p^6$ .
- 1–15. Выберите из данного ряда формулы веществ, в молекулах которых только ковалентная неполярная связь:  
 $Cl_2, Cl_2O, CCl_4, N_2, NF_3, CS_2, PH_3, CH_4$ .
- 1–16. Выберите из списка перечисленных ниже веществ те, в молекулах которых имеется ковалентная полярная связь:  $O_2, SO_2, P_4, H_3PO_4, KF, HF, NH_3, H_2$ .
- 1–17. Как меняется полярность связи в ряду веществ, обозначенных формулами:  $CH_4-NH_3-H_2O-HF$ ? Ответ аргументируйте.
- 1–18. Как меняется полярность связи в ряду веществ, обозначенных формулами:  $H_2O-H_2S-H_2Se-H_2Te$ ? Ответ аргументируйте.
- 1–19. Определите тип связи и укажите направление смещения электронной плотности (в случае ковалентной полярной и ионной связи) в следующих веществах:  
а) оксид натрия, хлороводород, хлорид калия, оксид хлора(II), хлор;  
б) графит, оксид углерода(IV), метан, тетрахлорметан, тетрафторметан.

**Образец выполнения задания**

Аммиак,  $NH_3$ .

Тип связи — ковалентная полярная.



- 1–20. Составьте электронные и структурные формулы веществ: а)  $Br_2, HBr, SBr_2$ ; б)  $F_2, HF, OF_2$ . Укажите направление смещения электронной плотности (в случае ковалентной полярной и ионной связи) и определите тип химической связи.

1-21. Приведены формулы веществ:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ . Определите кратность ковалентных связей в молекулах этих веществ.

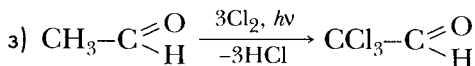
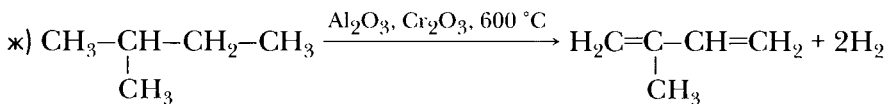
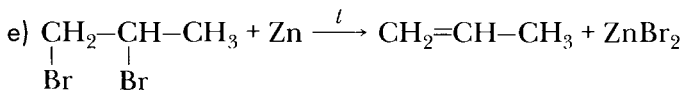
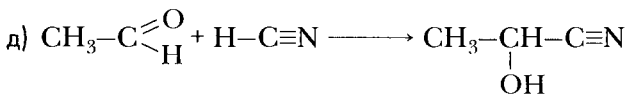
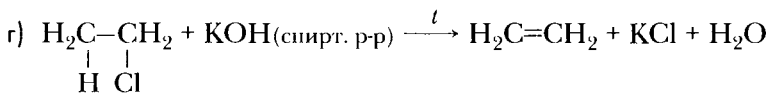
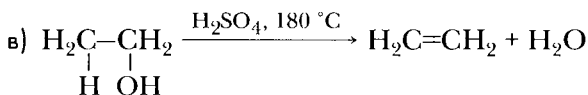
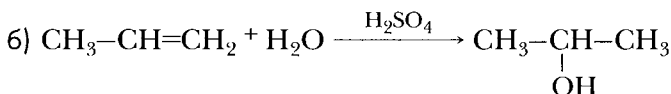
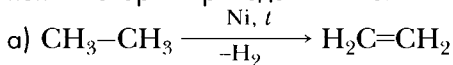
1-22. Покажите в виде схемы, как по донорно-акцепторному механизму происходит образование одной из ковалентных связей в ионах:  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{BF}_4^-$ .

1-23. Изобразите схему разрыва связи в молекуле  $\text{HCl}$  по гомолитическому и по гетеролитическому механизму.

1-24. Из приведенного ниже списка выберите: а) свободные радикалы, б) электрофильные частицы, в) нуклеофильные частицы:

$\text{H}^+$ ,  $\text{H}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{OH}^\cdot$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_2^\cdot$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5^\cdot$ ,  $\text{Br}^-$ .

1-25. Определите типы реакций (замещение, присоединение, отщепление), уравнения которых приведены ниже:



К каким классам органических веществ относятся исходные органические вещества и продукты этих реакций?

## Алканы

Алканы (предельные, насыщенные углеводороды, парафины) – углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых все химические связи ковалентные ординарные.

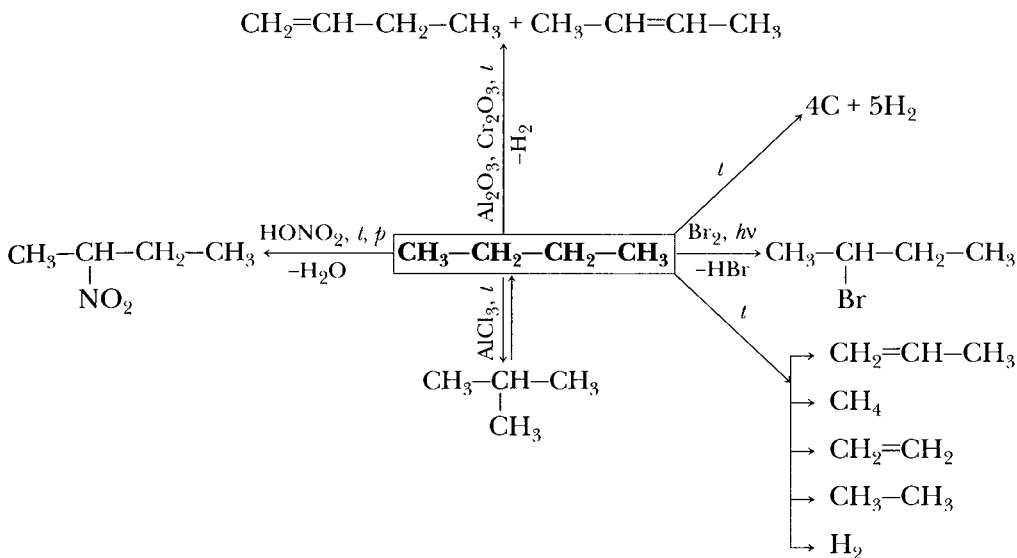
Общая молекулярная формула алканов –  $C_nH_{2n+2}$ . В таблице 1 приведены углеводороды ряда метана.

Таблица 1. Гомологический ряд метана

Название	Структурная формула	Молекулярная формула	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
Метан	$CH_4$	$CH_4$	-183	-161,5
Этан	$CH_3-CH_3$	$C_2H_6$	-172	-88,6
Пропан	$CH_3-CH_2-CH_3$	$C_3H_8$	-188	-42,1
<i>n</i> -Бутан	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$C_4H_{10}$	-135	-0,5
<i>n</i> -Пентан	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	$C_5H_{12}$	-130	36,1
<i>n</i> -Гексан	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	$C_6H_{14}$	-95	68,7
<i>n</i> -Гептан	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$	$C_7H_{16}$	-91	98,4
<i>n</i> -Октан	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	$C_8H_{18}$	-57	125,7
<i>n</i> -Нонан	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$	$C_9H_{20}$	-54	150,8
<i>n</i> -Декан	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$	$C_{10}H_{22}$	-30	174,1

На схеме 1 представлены химические свойства алканов на примере *n*-бутана.

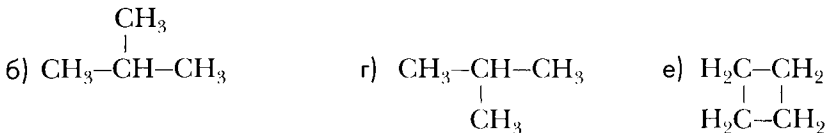
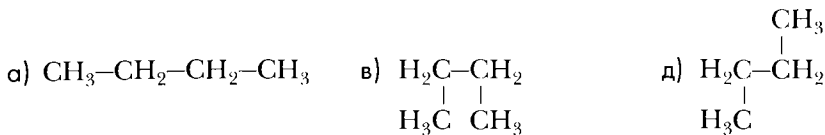
Схема 1. Химические свойства алканов на примере *n*-бутана



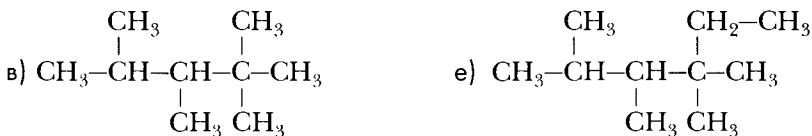
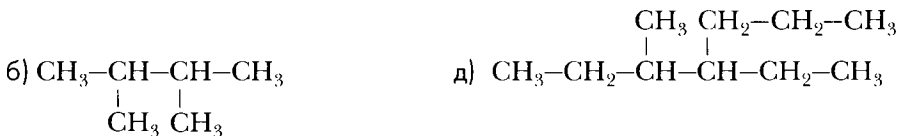
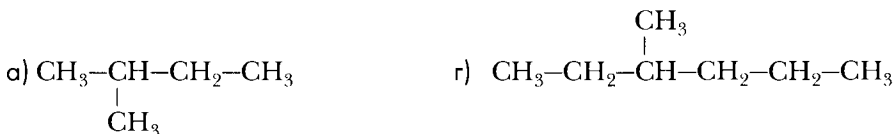
### Вопросы и задания

- 2-1. Из перечня формул, приведенного ниже, выберите формулы, соответствующие алканам:  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{14}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_{50}\text{H}_{102}$ ,  $\text{C}_{80}\text{H}_{160}$ .
- 2-2. Составьте молекулярные формулы алканов, в молекулах которых число атомов углерода равно: а) 5, б) 12, в) 30, г) 119, д) а.
- 2-3. Составьте молекулярные формулы алканов, в молекулах которых число атомов водорода равно: а) 20, б) 52, в) 200, г) 64, д) б, е) б + 2.
- 2-4. Сколько первичных, вторичных и третичных радикалов соответствует молекуле 2-метилбутана? Запишите их формулы.
- 2-5. Сколько первичных, вторичных и третичных радикалов соответствует молекуле 2,3-диметилбутана? Запишите их структурные формулы.
- 2-6. Напишите структурную формулу углеводорода состава  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ , имеющую максимальное число первичных углеродных атомов.
- 2-7. Напишите структурную формулу углеводорода  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , имеющую минимальное число первичных углеродных атомов.

**2-8.** Сколько алканов соответствует приведенным ниже формулам:



**2-9.** Назовите углеводороды, формулы которых приведены ниже:

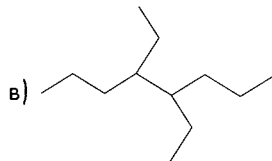
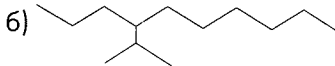
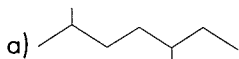


**2-10.** Составьте структурную формулу 2,3-диметилпентана. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех-четырех его изомеров. Дайте им названия (по заместительной номенклатуре IUPAC).

**2-11.** Составьте формулы и назовите изомеры состава  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , один из которых содержит в молекуле два четвертичных атома углерода, а другой — два третичных.

**2-12.** Напишите сокращенную структурную формулу 2,2-диметилгексана. Составьте формулы четырех его изомеров, среди которых должен быть углеводород с максимально разветвленной цепью, и дайте им названия.

**2-13.** Преобразуйте представленные ниже схемы в структурные формулы соответствующих алканов и дайте им названия:



**2-14.** Сколько изомеров соответствует молекулярной формуле  $C_3H_6Cl_2$ ? Составьте их структурные формулы и назовите их.

**2-15.** Рассмотрите таблицу «Гомологический ряд метана» (табл. 1). Какие закономерности в изменении свойств углеводородов можно выявить, основываясь на данных таблицы?

**2-16.** Напишите уравнения реакций горения, галогенирования (моноклорирования), полного термического разложения, крекинга, изомеризации: а) *n*-бутана, б) *n*-пентана.

**2-17.** Напишите уравнения реакций горения, галогенирования (монобромирования), полного термического разложения, крекинга, изомеризации 2-метилпентана.

**2-18.** Напишите уравнения реакций бромирования (монобромирования) и нитрования 2-метилпентана. Назовите продукты реакций.

**2-19.** Напишите уравнения реакций бромирования (монобромирования) и нитрования *n*-гексана. Назовите продукты реакций.

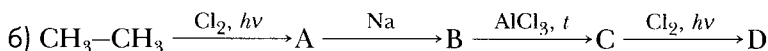
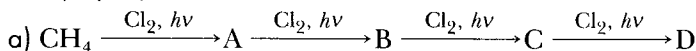
**2-20.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Уголь → Карбид алюминия → Метан → Метилхлорид → Этан → Этилбромид → *n*-Бутан → 2-Метилпропан;

б) Метан → Метилбромид → Этан → Этилхлорид → Бутан → 2-Метилпропан → 2-Бром-2-метилпропан.

Укажите условия осуществления реакций.

**2-21.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:



Назовите вещества А, В, С, D.

**2-22.** Какие углеводороды получаются при действии металлического натрия на следующие алкилгалогениды: а) пропилбромид, б) бутилиодид, в) изобутилиодид, г) 1-бром-2, 2-диметилпропан?



- 2–23.** Какие галогенопроизводные надо взять, чтобы получить по реакции Вюрца:  
а) *n*-гексан, б) 2,5-диметилгексан?
- 2–24.** Запишите уравнения реакций, с помощью которых из метана можно синтезировать *n*-бутан. Укажите условия осуществления реакций и назовите все промежуточные продукты.
- 2–25.** Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить из этана 2-метилпропан. Укажите условия реакций, дайте названия промежуточным продуктам. Назовите реакции.

### Расчетные задачи

- 2–26.** Массовая доля углерода в углеводороде равна 83,3%. Его плотность по воздуху составляет 2,5. Определите, какие углеводороды соответствуют условию задачи.
- 2–27.** Массовая доля углерода в некотором углеводороде составляет 82,76%. Его пары в 2 раза тяжелее воздуха. Определите молекулярную формулу углеводорода и составьте структурные формулы соответствующих изомеров. Дайте им названия.
- 2–28.** Исходя из общей молекулярной формулы алканов, выведите формулу, по которой можно рассчитать массовую долю водорода в любом алкане.
- 2–29.** Вычислите относительную плотность по воздуху и по водороду: а) этана, б) пропана.
- 2–30.** Плотность паров некоторого алкана по кислороду составляет 3,125. Выведите молекулярную формулу алкана и составьте три структурные формулы его изомеров.
- 2–31.** Какой алкан в 2 раза тяжелее воздуха?
- 2–32.** Смесь метана и пропана массой 37 г при н. у. занимает объем 22,4 л. Рассчитайте мольные доли компонентов в этой смеси.
- 2–33.** Смесь этана и бутана массой 40,8 г при н. у. занимает объем 17,9 л. Рассчитайте массовые и объемные доли газов в смеси.
- 2–34.** Объемные доли компонентов в природном газе некоторого месторождения составляют: метана — 93%, этана — 2%, пропана — 1,5%, бутана — 1,2%, азота — 1,8%, углекислого газа — 0,5%. Вычислите массовые доли этих компонентов природного газа и плотность по воздуху природного газа.
- 2–35.** Вычислите массу и объем (н. у.) углекислого газа и массу воды, которые образуются при сгорании: а) 12 г метана; б) 14,5 г бутана; в) 15 кг этана.
- 2–36.** Сожгли смесь, состоящую из 3 л метана и 1 л *n*-бутана. Какой объем оксида углерода (IV) образовался при этом? Какой объем кислорода потребуется?

- 2-37.** При сгорании 29 г некоторого углеводорода (его плотность по воздуху равна 2) образовалось 44,8 л (н. у.) углекислого газа и 45 г паров воды. Выведите молекулярную формулу углеводорода. Составьте структурные формулы изомеров данного состава и дайте им названия.
- 2-38.** При сгорании углеводорода массой 10,32 г, плотность паров по водороду которого равна 43, образовался углекислый газ объемом 16,128 л (н. у.) и вода массой 15,12 г. Выведите молекулярную формулу углеводорода, составьте формулы изомеров, соответствующих этой формуле, и дайте им названия.
- 2-39.** При полном сгорании газообразного углеводорода объемом 5 л (н. у.) получено 15 л (н. у.) оксида углерода (IV) и 16,07 г воды. Выведите молекулярную формулу этого углеводорода.
- 2-40.** При сгорании 7,5 г органического вещества образовалось 11,2 л (н. у.) углекислого газа и 13,5 г воды. Плотность этого вещества по метану составляет 1,875. О каком органическом веществе идет речь?
- 2-41.** При сгорании этана в избытке кислорода образовался углекислый газ объемом 5,6 л (н. у.). Напишите формулу соли, которая образуется, если этот газ пропустить через 5%-й раствор гидроксида натрия массой 200 г. Какой объем этана сожгли?
- 2-42.** Органическое вещество массой 4,4 г сожгли в избытке кислорода. Образовавшуюся смесь продуктов реакции пропустили сначала через трубку над безводным сульфатом меди. Масса смеси увеличилась на 7,2 г. Затем ее пропустили через трубку над гидроксидом калия. Масса смеси возросла на 13,2 г. Плотность по воздуху исходного органического вещества составляет 1,52. Назовите вещество, состав которого устанавливали таким способом.
- 2-43.** Вычислите объем хлора, который потребуется для полного хлорирования: а) 4 л метана, б) 3 л этана. (Объемы газов измерены при одинаковых условиях.)
- 2-44.** К смеси метана и пропана объемом 100 мл добавили 300 мл кислорода и смесь взорвали. После конденсации паров воды и приведения полученной газовой смеси к исходным условиям ее объем составил 180 мл. Вычислите объемные и массовые доли компонентов в исходной смеси углеводородов (объемы газов приведены к одинаковым условиям).
- 2-45.** К смеси этана и бутана объемом 5 л добавили кислород объемом 24 л и смесь взорвали. После конденсации паров воды и приведения полученной газовой смеси к исходным условиям ее объем составил 14,5 л. Вычислите объемные и массовые доли компонентов в исходной смеси углеводородов (объемы газов приведены к одинаковым условиям).
- 2-46.** Вычислите массу карбида алюминия, содержащего 2% (по массе) примесей, необходимого для получения 44,8 л (н. у.) метана.

- 2-47. Какая масса ацетата натрия была использована при сплавлении с твердой щелочью, если в результате образовался метан объемом 6,72 л (н. у.)?
- 2-48. Вычислите массу бутилбромида, который потребуется для получения 114 мл *n*-октана (плотность *n*-октана составляет 0,7 г/см<sup>3</sup>, практический выход продукта условно равен 100 %).
- 2-49. В результате щелочного плавления смеси ацетата и пропионата калия массой 50,4 г образовалась смесь газообразных алканов объемом 11,2 л (н. у.). Вычислите массовые доли компонентов в исходной смеси солей.

## Циклоалканы

**Циклоалканы** — углеводороды, в которых содержатся замкнутые в цикл участки цепи или замкнута в цикл вся цепь, в молекулах все связи ординарные.

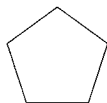
Общая молекулярная формула циклоалканов —  $C_nH_{2n}$ .



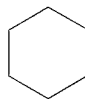
циклопропан  
 $t_{\text{кип}} = -33^\circ\text{C}$



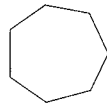
циклобутан  
 $t_{\text{кип}} = 13^\circ\text{C}$



циклопентан  
 $t_{\text{кип}} = 49^\circ\text{C}$



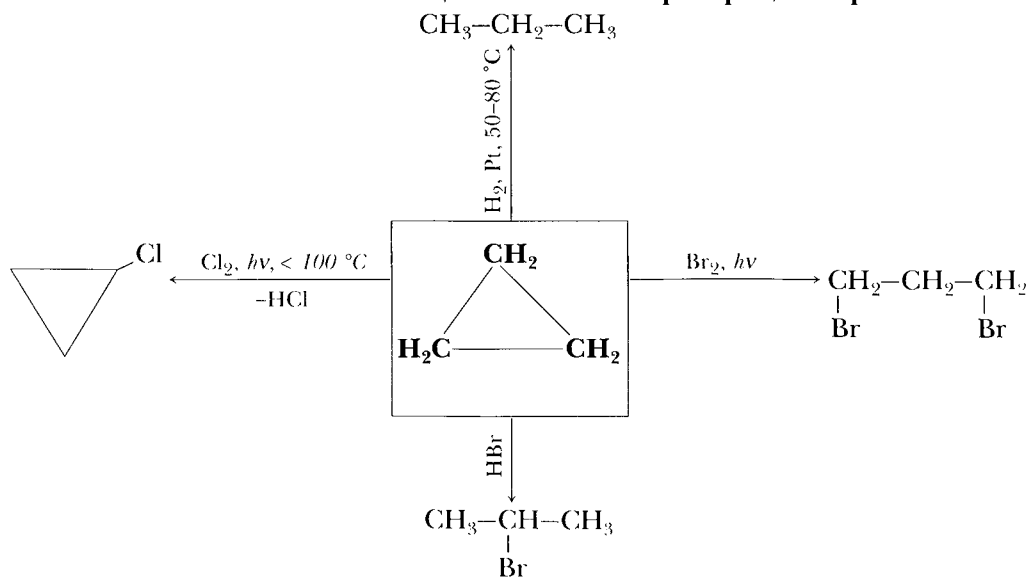
циклогексан  
 $t_{\text{кип}} = 81^\circ\text{C}$



циклогептан  
 $t_{\text{кип}} = 118,5^\circ\text{C}$

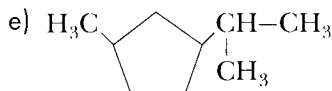
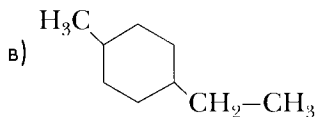
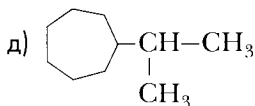
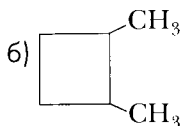
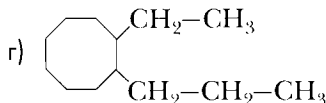
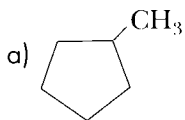
На схеме 2 представлены химические свойства циклоалканов.

Схема 2. Химические свойства циклоалканов на примере циклопропана



## Вопросы и задания

- 2-50.** Из перечня формул, приведенного ниже, выберите формулы, которые могут соответствовать циклоалканам:  $C_5H_{10}$ ,  $C_8H_{16}$ ,  $C_9H_{16}$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_4H_8$ ,  $C_7H_{14}$ ,  $C_5H_8$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_{51}H_{102}$ ,  $C_{80}H_{160}$ .
- 2-51.** Составьте молекулярные формулы циклоалканов, в молекулах которых число атомов углерода равно: а) 6, б) 8, в) 15, г) 38, д)  $a$ .
- 2-52.** Составьте молекулярные формулы циклоалканов, в молекулах которых число атомов водорода равно: а) 8, б) 16, в) 50, г) 32, д)  $b$ , е)  $b+2$ , ж)  $b+1$ .
- 2-53.** Назовите углеводороды, формулы которых приведены ниже:



- 2-54.** Составьте структурную формулу 1,3-диметилциклопентана. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех-четырех его изомеров. Дайте им названия.
- 2-55.** Составьте структурную формулу 1,1,2-триметилциклогексана. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех-четырех его изомеров. Дайте им названия.
- 2-56.** Сравните: а) хлорирование  $n$ -гексана и циклогексана, б) бромирование пропана и циклопропана. Какой из циклоалканов существенно отличается от алканов в реакциях галогенирования? Каковы механизмы данных реакций?
- 2-57.** Сравните условия реакций гидрирования циклопропана, циклобутана и циклопентана. Чем отличаются эти условия? В чем причина отличий?
- 2-58.** Напишите уравнения реакций гидрирования: а) циклопентана, б) 1,2-диметилциклопропана, в) 1,1-диметилциклобутана.
- 2-59.** Какие углеводороды образуются при действии металлического цинка на соединения: а) 2,4-дибромпентан; б) 1,4-дихлор-2-метилпентан?

## Расчетные задачи

- 2–60.** К смеси циклопропана и циклобутана объемом 40 мл добавили кислород объемом 250 мл и смесь взорвали. После конденсации паров воды и приведения полученной газовой смеси к исходным условиям ее объем составил 180 мл. Вычислите объемные и массовые доли компонентов в исходной газовой смеси углеводородов (объемы газов приведены к одинаковым условиям). Рассчитайте плотность исходной смеси по метану.
- 2–61.** Для гидрирования смеси пропана и циклопропана потребовался водород объемом 50 мл. При сгорании смеси после гидрирования образовался углекислый газ объемом 600 мл. Вычислите объемные доли компонентов в исходной смеси углеводородов. Объемы газов приведены при одинаковых условиях.
- 2–62.** При сгорании органического вещества массой 280 мг образовался углекислый газ объемом 448 мл (н. у.) и вода массой 360 мг. Пары этого органического вещества в 1,75 раза тяжелее кислорода. Выведите молекулярную формулу органического вещества. Составьте формулы двух изомеров, соответствующих условию задачи.
- 2–63.** Смесь циклопропана и циклобутана массой 52,5 г занимает объем 22,4 л при н. у. Вычислите объемные доли углеводородов в смеси и ее плотность по водороду.

## Глава 3 Алкены

**Алкены (олефины)** – углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых имеется одна двойная связь, остальные – ординарные.

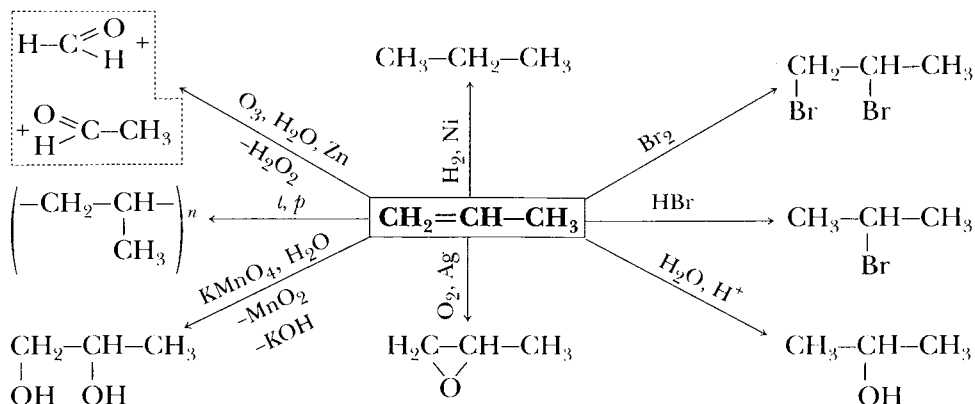
Общая молекулярная формула алкенов –  $C_nH_{2n}$ . В таблице 2 приведены углеводороды ряда этилена.

Таблица 2. Гомологический ряд этилена

Название	Структурная формула	Молекулярная формула	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
Этен (этилен)	$CH_2=CH_2$	$C_2H_4$	-169,2	-103,8
Пропен	$CH_2=CH-CH_3$	$C_3H_6$	-185,2	-47,7
Бутен-1	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	$C_4H_8$	-185,3	-6,3
Пентен-1	$CH_2=CH-(CH_2)_2-CH_3$	$C_5H_{10}$	-165,2	30,1
Гексен-1	$CH_2=CH-(CH_2)_3-CH_3$	$C_6H_{12}$	-138	63,5
Гептен-1	$CH_2=CH-(CH_2)_4-CH_3$	$C_7H_{14}$	-119	93
Октен-1	$CH_2=CH-(CH_2)_5-CH_3$	$C_8H_{16}$	-104	122,5
Нонен-1	$CH_2=CH-(CH_2)_6-CH_3$	$C_9H_{18}$	-81,4	146,9
Децен-1	$CH_2=CH-(CH_2)_7-CH_3$	$C_{10}H_{20}$	-66,3	170,6

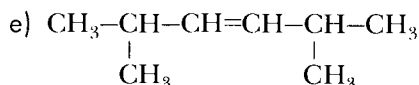
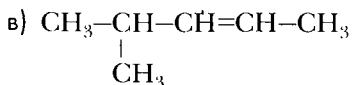
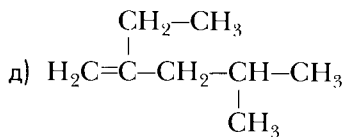
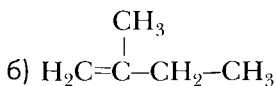
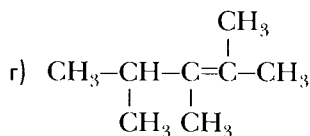
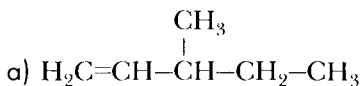
На схеме 3 представлены химические свойства алкенов.

Схема 3. Химические свойства алкенов на примере пропена



Вопросы и задания

- 3-1. Из приведенного ниже перечня формул выберите те, которые соответствуют алкенам:  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ .
- 3-2. Составьте молекулярные формулы алкенов, в молекулах которых число атомов углерода равно: а) 5, б) 8, в) 20, г) 51, д)  $a$ , е)  $u + 1$ .
- 3-3. Составьте молекулярные формулы алкенов, в молекулах которых число атомов водорода равно: а) 8, б) 28, в) 100, г) 260, д)  $b$ .
- 3-4. Составьте структурные формулы всех возможных изомеров состава  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Дайте им названия.
- 3-5. Назовите по международной номенклатуре углеводороды, структурные формулы которых приведены ниже:



- 3-6. Каким алкеном, формулы которых представлены в предыдущей задаче, присуща *цис-транс*-изомерия? Составьте структурные формулы *цис*- и *транс*-изомеров.
- 3-7. Составьте структурную формулу 3-метилпентена-1. Напишите его молекулярную формулу. Составьте структурные формулы двух изомеров и двух гомологов данного вещества. Назовите вещества, формулы которых вы составили.
- 3-8. Составьте структурную формулу 2,3-диметилбутена-1. Напишите его молекулярную формулу. Составьте структурные формулы двух изомеров и двух гомологов данного вещества. Назовите вещества, формулы которых вы составили.
- 3-9. Составьте структурную формулу 2,4-диметилпентена-2. Выведите его молекулярную формулу. Составьте структурные формулы трех изомеров и трех гомологов данного вещества. Назовите вещества, формулы которых вы составили.
- 3-10. Из перечисленных ниже алкенов выберите те, для которых возможна *цис-транс*-изомерия: 2-метилпропен, бутен-2, 2-метилпентен-2, 2-метил-3-этилпентен-2, октен-4, октен-3, 4,5-диметилпентен-4. Составьте структурные формулы *цис*- и *транс*-изомеров при наличии *цис-транс*-изомерии.
- 3-11. В чем различия в строении молекул этилена и этана? Как различие в строении молекул этих веществ обуславливает их отличия в свойствах?
- 3-12. Рассмотрите таблицу «Гомологический ряд этилена» (табл. 2). Какие закономерности в изменении свойств углеводородов можно выявить, основываясь на данных таблицы?
- 3-13. Напишите уравнения реакций гидрирования, бромирования (монобромирования), гидробромирования, гидратации: а) этилена, б) пропена, в) бутена-1, г) бутена-2. Назовите продукты реакций.
- 3-14. Напишите уравнения реакций гидрирования, бромирования, гидробромирования, гидратации циклогексена. Назовите продукты реакций.
- 3-15. Как химическим путем доказать наличие двойной углерод-углеродной связи в органическом соединении? Напишите соответствующие уравнения химических реакций.
- 3-16. Сопоставьте реакции галогенирования: а) этана и этена, б) пропана и пропена. В чем причина различий в их осуществлении? Каков механизм этих реакций?
- 3-17. Сравните, как происходит гидратация бутена-1 и бутена-2. Чем обусловлены различия?
- 3-18. Напишите уравнения реакций гидрирования, гидрохлорирования, бромирования, окисления и гидратации: а) 2-метилбутена-1; б) 2-метилбутена-2.



**3-19.** Напишите уравнения реакций полимеризации: а) этилена, б) пропена, в) 2-метилпропена, г) бутена-1, д) бутена-2, е) 2,3-диметилбутена-2.

**3-20.** Сравните реакции хлорирования пропена в темноте и при ультрафиолетовом облучении. Чем обусловлены отличия в ходе галогенирования пропена?

**3-21.** Как можно получить: а) 3-бромпропен (аллилбромид), б) 3-хлорпропен (аллилхлорид) из пропена? Напишите уравнения реакций.

**3-22.** Составьте уравнения реакций и укажите условия, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Этан → Этилен → Полиэтилен;

б) Этанол → Этилен → Этиленгликоль (этандиол-1,2);

в) Этан → Хлорэтан → Этилен → Этанол → Этилен → Этан;

г) Дихлорэтан → Этилен → Бромэтан → Этилен → Этанол → Диэтиловый эфир;

д) Иодметан → Этан → Бромэтан → Этилен → 1,2-Дибромэтан;

е) Метан → Бромметан → Этан → Этилен → Этанол → Этилен → Этиленгликоль;

ж) Этан → Хлорэтан → Этилен → Этанол → Этилен → Полиэтилен;

з) Метан → Ацетилен → Этилен → Винилхлорид → Поливинилхлорид.

**3-23.** Составьте уравнения реакций и укажите условия, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Пропан → Пропен → Пропанол-2 → Пропен → Пропандиол-1,2;

б) Пропен → Пропанол-2 → Пропен → 2-Бромпропан → Пропен → 1,2-Дибромпропан;

в) Пропен → Пропан → 2-Бромпропан → Пропен → Полипропилен;

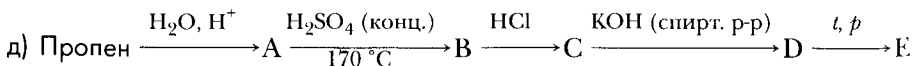
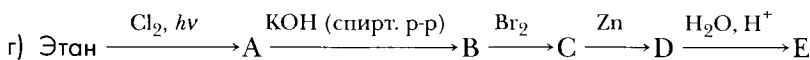
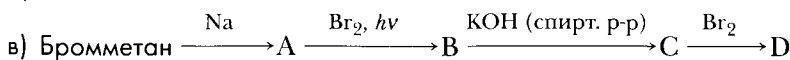
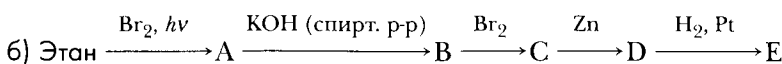
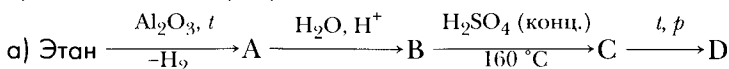
г) Этилиодид (иодэтан) → Бутан → 2-Бромбутан → Бутен-2 → Бутандиол-2,3;

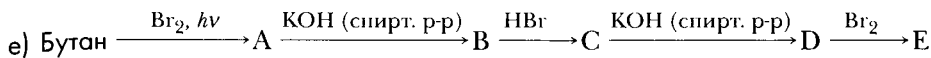
д) Бутанол-1 → Бутен-1 → 2-Бромбутан → Бутен-2 → 2,3-Дибромбутан;

е) Пропен → 3-Хлорпропен → 1-Хлорпропан → Пропанол-1 → Пропен → Пропанол-2;

ж) Пропен → 1-Бромпропан → Пропен → 2-Бромпропан → Пропен.

**3-24.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие цепочки превращений:





**3-25.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых в несколько стадий можно осуществить следующие синтезы:

- |   |   |
|---|---|
| а) Карбид алюминия $\rightarrow$ Этанол;        | д) Пропан $\rightarrow$ Полипропилен;   |
| б) Метан $\rightarrow$ Полиэтилен;              | е) Ацетат натрия $\rightarrow$ Бутен-2; |
| в) Этан $\rightarrow$ 2-Метилпропанол-2;        | ж) Пропан $\rightarrow$ 1-Хлорпропан.   |
| г) <i>n</i> -Бутан $\rightarrow$ Бутандиол-2,3; |   |

Дайте названия образующимся продуктам и укажите условия проведения химических реакций.

**3-26.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно получить бутен-2: а) из моногалогенида алкана, б) из алкана.

**3-27.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутен-1: а) из дигалогенида алкана, б) из моногалогенида алкана, в) из спирта.

**3-28.** Напишите несколько уравнений различных реакций, в ходе которых образуется бутен-1. Укажите условия реакций, дайте названия исходным веществам.

**3-29.** Из каких галогенпроизводных углеводородов при действии спиртового раствора гидроксида калия могут быть получены следующие алкены: пропен, бутен-2, бутен-1?

**3-30.** Как получить из бутана: а) 2,2-дибромбутан; б) 2,3-дибромбутан? Напишите уравнения реакций.

**3-31.** Напишите уравнения реакций, которые происходят при нагревании с концентрированной серной кислотой следующих спиртов: а) бутанола-1, б) бутанола-2, в) 3-метилбутанола-1?

**3-32.** В трех склянках без этикеток содержатся следующие жидкости: 2-хлорпентан, *n*-пентан, пентен-1. Как распознать, какое вещество находится в каждой из склянок?

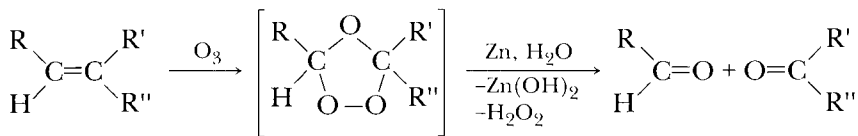
**3-33.** В трех склянках без этикеток содержатся следующие жидкости: хлороформ, 2,3-диметилбутен-1, 2,3-диметилбутан. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок?

**3-34.** В четырех сосудах находятся газы: пропан, пропен, водород и азот. Как распознать содержимое каждого из сосудов?

**3-35.** Расположите приведенные ниже алкены в ряд по возрастанию скорости реакций присоединения:

- а) пропен, этилен, бутен-1, 3-бромпропен, 1,2-диброметен;  
 б) бутен-2, этилен, пентен-2, 3-метилпентен-2, 2-хлорбутен-2.

**3-36.** Алкены вступают в реакцию озонирования. Алкен обрабатывают озонем  $O_3$  с последующим разложением образовавшегося озонида водой в присутствии цинковой пыли. Реакция идет по схеме:



Эта реакция (*реакция Гарриеса*) используется при расшифровке структуры неизвестного алкена.

При озонировании некоторого алкена и последующем разложении образовавшегося озонида получена смесь пропаналя и этаналь. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.

**3-37.** При озонировании некоторого алкена и последующем разложении образовавшегося озонида получена смесь бутанона-2 и этаналь. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.

### Расчетные задачи

**3-38.** Выведите молекулярную формулу углеводорода, в котором массовая доля углерода составляет 85,71%. Углеводород в 3,5 раза тяжелее метана. Составьте структурные формулы его изомеров и дайте им названия. При наличии *цис-транс*-изомерии составьте формулы соответствующих *цис*- и *транс*-изомеров.

**3-39.** Выведите молекулярную формулу углеводорода, в котором массовая доля водорода составляет 14,29%. Плотность данного вещества по кислороду равна 2,625. Составьте структурные формулы всех его возможных изомеров и дайте им названия. При наличии *цис-транс*-изомерии составьте формулы соответствующих *цис*- и *транс*-изомеров.

**3-40.** Исходя из общей формулы алкенов, вычислите массовую долю углерода в алкенах.

**3-41.** Вычислите массу и объем оксида углерода (IV), который образуется при сгорании 6,72 л (н. у.) этилена. Какой объем кислорода потребуется для его полного сгорания?

**3-42.** Вычислите массу брома, который потребуется для реакции с этиленом объемом 4,48 л (н. у.).

**3-43.** Вычислите массу спирта, который образуется в результате гидратации этилена объемом 5,6 л (н. у.).

**3-44.** Вычислите массу этиленгликоля, который образуется в результате окисления этилена массой 1,4 г.

- 3-45.** Какая масса хлороводорода потребуется для гидрохлорирования 2 моль этилена?
- 3-46.** Рассчитайте массу спирта, образовавшегося в результате гидратации пропена массой 10,5 г, если его выход составил 90% от теоретически возможного.
- 3-47.** Для бромирования смеси пропена и этилена массой 20,3 г потребовался бром массой 64 г. Вычислите объемные доли пропена и этилена в исходной смеси.
- 3-48.** Пропен объемом 2,24 л (н. у.) пропустили через 10%-й раствор серной кислоты массой 195,8 г. Вычислите массу и массовую долю пропанола-2, образовавшегося в результате реакции, если выход спирта составляет 80% от теоретически возможного, при условии, что весь пропен был поглощен раствором кислоты.
- 3-49.** Порцию пропена массой 8,4 г обработали бромом массой 16 г. Вычислите массу продукта реакции.
- 3-50.** Бутен-2 массой 16,8 г обработали бромоводородом массой 40,5 г. Рассчитайте массу продукта реакции.
- 3-51.** Смесь этилена и метана массой 41,6 г занимает объем 44,8 л (н. у.). Вычислите массовые и объемные доли компонентов в смеси. Рассчитайте плотность этой смеси по воздуху.
- 3-52.** Смесь этилена и пропена массой 20,3 г занимает объем 11,2 л (н. у.). Вычислите массовые и объемные доли компонентов в смеси. Рассчитайте плотность этой смеси по азоту.
- 3-53.** Вычислите массовые и объемные доли бутена-2 и этилена в смеси, если плотность такой смеси по метану составляет 2,625.
- 3-54.** Какой объем кислорода потребуется для полного сгорания 2 л бутена-1 (объемы газов измеряются при одинаковых условиях)?
- 3-55.** Какой объем кислорода потребуется для полного сгорания смеси бутена-1 и бутена-2 объемом 5 л (объемы газов измеряются при одинаковых условиях)?
- 3-56.** Смесь пропена и бутена-2 объемом 200 мл смешали с порцией кислорода объемом 1 л и взорвали. После конденсации воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 675 мл. Вычислите объемные доли углеводородов в исходной смеси и ее плотность по азоту. Определите объемные доли компонентов в газовой смеси после реакции.
- 3-57.** Смесь метана и этилена объемом 100 мл смешали с порцией кислорода объемом 300 мл и взорвали. После конденсации воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 200 мл. Вычислите объемные доли

углеводородов в исходной смеси и ее плотность по неону. Определите объемные доли компонентов в газовой смеси после реакции.

- 3–58.** При сгорании 10,5 г органического вещества образовался углекислый газ объемом 16,8 л (н. у.), и вода массой 13,5 г. Плотность паров органического вещества по воздуху составляет 1,45. Найдите молекулярную формулу этого вещества, составьте структурные формулы двух его изомеров и дайте им названия.
- 3–59.** При сгорании 25,2 г органического вещества образовалось 40,32 л (н. у.) углекислого газа и 32,4 г воды. Плотность паров этого вещества по кислороду составляет 2,63. Найдите его молекулярную формулу и составьте структурные формулы его изомеров. Дайте изомерам названия.
- 3–60.** Некоторый алкен массой 11,2 г присоединяет бром массой 32 г. Выведите молекулярную формулу алкена и составьте структурные формулы возможных изомеров.
- 3–61.** Для гидратации алкена массой 16,8 г требуется 7,2 г воды. Выведите молекулярную формулу этого алкена и назовите его.
- 3–62.** Для бромирования симметричного алкена массой 4,2 г потребовалась порция брома массой 8 г. Выведите молекулярную формулу алкена и составьте структурные формулы соответствующих изомеров.
- 3–63.** Для бромирования несимметричного алкена массой 7,7 г потребовалась порция брома массой 17,6 г. Выведите молекулярные формулы алкенов, соответствующих условию задачи, назовите их и напишите уравнения их бромирования.
- 3–64.** При окислении алкена массой 3,36 г образовался гликоль массой 7,44 г. Выведите молекулярную формулу этого алкена и запишите уравнение реакции его окисления.
- 3–65.** При бромировании алкена массой 6,3 г образовался дибромид массой 30,3 г. Выведите молекулярную формулу алкена и составьте его структурную формулу.
- 3–66.** Алкен массой 12,6 г обработали избытком хлороводорода. В результате реакции образовался монохлорид массой 23,55 г. Выведите молекулярную формулу алкена и составьте его структурную формулу.
- 3–67.** Алкен массой 11,2 г обработали избытком бромоводорода. В результате реакции образовался монобромид массой 27,4 г. Выведите молекулярную формулу алкена и составьте уравнение реакции его гидробромирования. Составьте формулы его изомеров и напишите уравнения реакций гидрохлорирования этих соединений.

## Глава 4 Алкины

**Алкины (ацетиленовые углеводороды)** – углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых имеется одна тройная связь, остальные – ординарные.

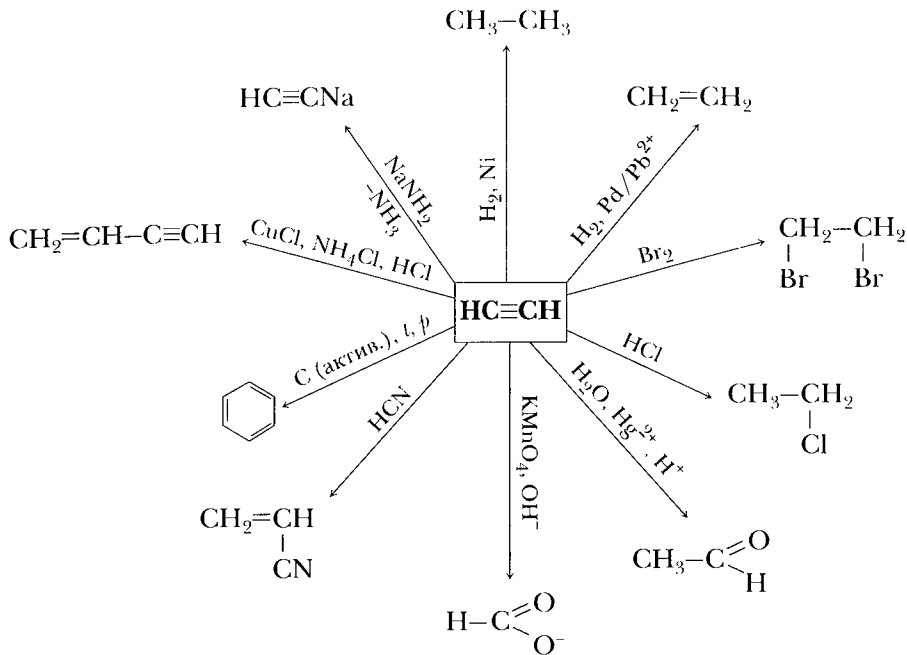
Общая молекулярная формула алкинов –  $C_nH_{2n-2}$ . В таблице 3 приведены углеводороды ряда ацетилена.

Таблица 3. Гомологический ряд ацетилена

Название	Структурная формула	Молекулярная формула	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
Этин (ацетилен)	$CH\equiv CH$	$C_2H_2$	-83,6	-81,8
Пропин	$CH\equiv C-CH_3$	$C_3H_4$	-102,7	-23,3
Бутин-1	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$	$C_4H_6$	-122,5	8,5
Пентин-1	$CH\equiv C-(CH_2)_2-CH_3$	$C_5H_8$	-98	39,7
Гексин-1	$CH\equiv C-(CH_2)_3-CH_3$	$C_6H_{10}$	-132	71,4
Гептин-1	$CH\equiv C-(CH_2)_4-CH_3$	$C_7H_{12}$	-80,9	99,8
Октин-1	$CH\equiv C-(CH_2)_5-CH_3$	$C_8H_{14}$	-79	126,2
Нонин-1	$CH\equiv C-(CH_2)_6-CH_3$	$C_9H_{16}$	-50	150,8
Децин-1	$CH\equiv C-(CH_2)_7-CH_3$	$C_{10}H_{18}$	-36	174

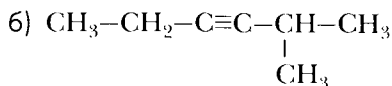
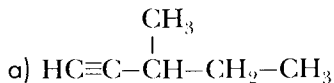
На схеме 4 представлены химические свойства алкинов.

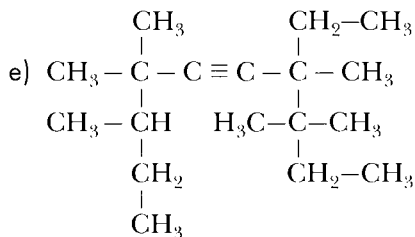
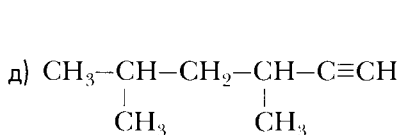
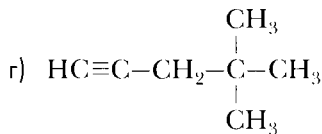
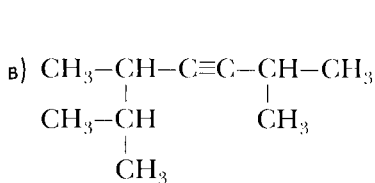
Схема 4. Химические свойства алкинов на примере ацетилена



### Вопросы и задания

- 4-1. Из перечня формул, приведенного ниже, выберите формулы, соответствующие алкинам:  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ .
- 4-2. Составьте молекулярные формулы алкинов, в молекулах которых число атомов углерода равно: а) 5, б) 7, в) 11, г) 25, д)  $n + 1$ .
- 4-3. Составьте молекулярные формулы алкинов, в молекулах которых число атомов водорода равно: а) 12, б) 18, в) 50, г) 94, д)  $n$ .
- 4-4. Напишите структурные формулы алкинов состава  $\text{C}_5\text{H}_8$  и дайте им названия.
- 4-5. Назовите вещества, формулы которых приведены ниже. Укажите алкины с концевой тройной связью.





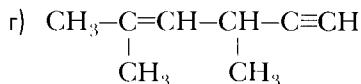
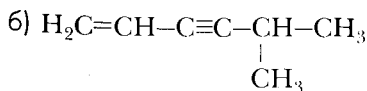
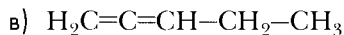
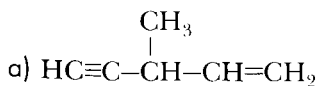
4-6. Составьте структурную формулу гептина-2. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте формулу изомера, в котором содержится максимально возможное число первичных атомов углерода. Назовите этот изомер.

4-7. Составьте структурную формулу 3-метилбутина-1. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех его изомеров, назовите их.

4-8. Составьте структурную формулу 4-метилпентина-2. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех его изомеров, назовите их.

4-9. Составьте структурную формулу 5,5-диметил-3-этилгексина-1. Напишите молекулярную формулу данного вещества. Составьте структурные формулы трех его изомеров, назовите их.

4-10. По приведенным ниже формулам веществ определите, в какой степени гибридизации находится каждый из атомов углерода. К каким классам относится каждое из этих веществ?



4-11. Сравните строение молекул этана, этилена и ацетилена.



**4-12.** Рассмотрите таблицу «Гомологический ряд ацетилена» (табл. 3). Какие закономерности в изменении свойств этих углеводородов можно выявить, основываясь на данных таблицы?

**4-13.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует ацетилен:

- а) водород, хлор, хлороводород, кислород, вода, этан;
- б) бром, бромоводород, пропан, аммиачный раствор оксида серебра;
- в) циановодородная кислота, азот, амид натрия, этанол.

Напишите уравнения возможных реакций, укажите условия их осуществления.

**4-14.** Напишите уравнения реакций гидрирования, бромирования, гидробромирования, гидратации: а) пропина, б) бутин-1, в) бутин-2. Назовите продукты реакций.

**4-15.** Составьте структурные формулы алкинов, при гидрировании которых образуется: а) *n*-пентан, б) 2-метилпентан. Дайте им названия.

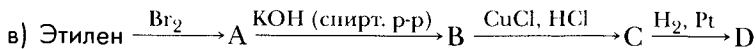
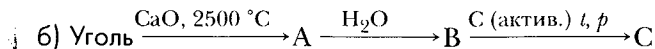
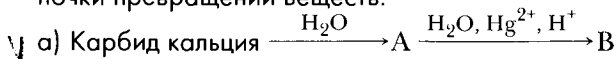
**4-16.** С какими из перечисленных ниже веществ реагируют бутин-1 и бутин-2: водород, хлор, хлороводород, вода, аммиачный раствор оксида серебра, раствор перманганата калия, азот, кислород? Напишите уравнения возможных реакций, обозначьте условия их осуществления.

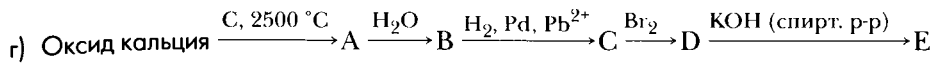
**4-17.** Напишите уравнения реакций димеризации и тримеризации: а) ацетилена, б) пропина, в) бутин-1. Какое практическое значение имеют эти реакции?

**4-18.** Составьте уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

- а) Оксид кальция → Карбид кальция → Ацетилен → Этаналь;
- б) Этилен → 1,2-Дибромэтан → Ацетилен → Этан;
- в) Метан → Ацетилен → 1,2-Дибромэтан → 1,1,2,2-Тетрабромэтан;
- г) Карбид алюминия → Метан → Ацетилен → Бензол;
- д) Карбид кальция → Ацетилен → Винацетилен → Бутан;
- е) Этан → Бромэтан → 1,1-Дибромэтан → Ацетилен → Этилен → Этиленгликоль;
- ж) Этан → Этилен → 1,2-Дихлорэтан → Ацетилен → Бензол;
- з) Метан → Ацетилен → Моноацетиленид серебра → Пропин → Пропанон;
- и) 2,3-Дибромбутан → Бутен-2 → 2,3-Дибромбутан → Бутин-2 → Гексаметиленбензол.

**4-19.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:





4–20. Составьте уравнения реакций, с помощью которых в несколько стадий можно осуществить синтезы:

- а) Метан → Бензол;
- б) Карбид кальция → Винацетилен;
- в) Карбид алюминия → Этаналь;
- г) Уголь → 1,1,2,2-Тетрабромэтан;
- д) Метан → Пропин;
- е) Карбид кальция → Пропан;
- ж) Этилен → Этаналь;
- з) Ацетилен → Пропанон;
- и) Пропан → 1,3,5-Триметилбензол;
- к) Бутин-1 → Бутин-2.

4–21. В результате окисления 1 моль алкина состава  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  раствором перманганата калия образуется 2 моль соли пропионовой кислоты. Составьте структурную формулу алкина и уравнение реакции его окисления.

4–22. Какие дигалогениды потребуются для получения следующих алкинов: бутин-1, бутин-2, 3-метилбутин-1?

4–23. В трех сосудах без этикеток находятся: бутин-1, бутин-2, *n*-бутан. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждом из сосудов?

4–24. В четырех склянках без этикеток находятся: *n*-гексан, пентен-2, пентин-1, хлорциклогексан. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок?

### Расчетные задачи

4–25. Какой объем кислорода (н. у.) необходим для полного сгорания 32,5 г ацетилена?

4–26. Какой объем кислорода (н. у.) расходуется при полном сгорании: а) 2 л ацетилена; б) 8,1 г бутин-1?

4–27. Какой объем воздуха (н. у.) расходуется при полном сгорании: а) 2 л (н. у.) пропина; б) 52 г ацетилена? Объемную долю кислорода в воздухе примите равной 21%.

4–28. Вычислите массу уксусного альдегида (этаналь), который образуется в результате гидратации ацетилена массой 3,12 г, если выход продукта составит 90% от теоретически возможного.

- 4–29.** Вычислите массу тетрабромиды, образовавшегося после бромирования этилена массой 5,2 г.
- 4–30.** Вычислите массу тетрабромиды, который образуется в результате бромирования ацетиленом массой 6,5 г. Какая масса брома потребуется для бромирования?
- 4–31.** Вычислите массу тетрабромиды, который образуется в результате присоединения брома к пропиному массой 3,2 г. Какая масса брома для этого потребуется?
- 4–32.** Тетрахлорэтан получают хлорированием ацетиленом в жидкой фазе при 80–85 °С в присутствии хлоридов алюминия и железа. Хлорированием тетрачлорэтана в присутствии активированного угля при 360 °С получают гексахлорэтан, применяющийся в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями. Рассчитайте объем природного газа (объемная доля метана в котором составляет 90%), необходимого для получения гексахлорэтана массой 200 кг.
- 4–33.** Порцию пропина объемом: а) 1,344 л (н. у.), б) 1,12 л (н. у.) пропустили через аммиачный раствор оксида серебра<sup>1</sup>. Вычислите массу осадка, образовавшегося после реакции.
- 4–34.** В результате тримеризации ацетиленом объемом 4,032 л (н. у.) образовался бензол массой 3,74 г. Вычислите практический выход бензола от теоретически возможного.
- 4–35.** В результате тримеризации пропина объемом 6,72 л (н. у.) образовался мезитилен  $C_9H_{12}$  массой 9 г. Вычислите выход мезитилена от теоретически возможного.
- 4–36.** Какой объем ацетиленом (н. у.) потребуется для получения бензола массой 11,7 г, если в ходе тримеризации ацетиленом выход бензола составит 80%?
- 4–37.** Вычислите массу технического карбида кальция, который потребуется для того, чтобы получить 5,28 г уксусного альдегида (этанала), если выход последнего в реакции Кучерова принять равным 75 % от теоретически возможного, а исходный образец карбида кальция содержит 7 % примесей.
- 4–38.** Вычислите массу технического карбида кальция, который потребуется для получения 19,5 мл бензола. Практический выход бензола в реакции тримеризации ацетиленом 80 % от теоретически возможного, а массовая доля  $CaC_2$  в техническом карбиде — 96 %. Плотность бензола равна 0,8 г/см<sup>3</sup>.
- 4–39.** Вычислите объем метана (н. у.), который потребуется для того, чтобы получить 1 кг бензола, если практический выход последнего в реакции тримеризации ацетиленом принять равным 82 % от теоретически возможного, а выход ацетиленом в реакции неполного пиролиза метана — 10 %.

<sup>1</sup> Аммиачный раствор оксида серебра (*реактив Толленса*) представляет собой комплексное соединение — гидроксид диамина серебра  $[Ag(NH_3)_2]OH$ .

- 4-40. Смесь пропина и ацетилена массой 6,32 г при н. у. занимает объем 4,48 л (н. у.). Вычислите массовые и объемные доли компонентов в смеси. Рассчитайте плотность этой смеси по воздуху.
- 4-41. Смесь бутина-2 и ацетилена массой 3,16 г при н. у. занимает объем 2,24 л (н. у.). Вычислите массовые и объемные доли компонентов в смеси. Рассчитайте плотность этой смеси по водороду.
- 4-42. Для бромирования смеси пропена и ацетилена массой 12 г потребовалась порция брома массой 112 г. Вычислите мольные доли углеводородов в исходной смеси.
- 4-43. Смесь этилена и ацетилена массой 27 г была обработана избытком хлороводорода. В результате реакции образовалась смесь моно- и дихлорида массой 81,75 г. Вычислите массовые доли углеводородов в исходной смеси.
- 4-44. После гидрирования смеси пропина и бутина-1 ее плотность по гелию увеличилась на 7,63%. Вычислите объемные доли углеводородов в исходной смеси.
- 4-45. Смесь пропина и метана объемом 75 мл смешали с порцией кислорода объемом 200 мл и смесь взорвали. После конденсации воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 125 мл. Вычислите объемные доли углеводородов в исходной смеси и ее плотность по неону.
- 4-46. Смесь ацетилена и этилена объемом 60 мл смешали с порцией кислорода объемом 200 мл и смесь взорвали. После конденсации воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 147,5 мл. Вычислите объемные доли углеводородов в исходной смеси и ее плотность по водороду.
- 4-47. К порции смеси пропина и метана добавили кислород объемом в 3 раза больше порции углеводородов. Смесь взорвали. После конденсации воды и приведения смеси к исходным условиям объем газов сократился вдвое по сравнению с объемом углеводородов и кислорода до реакции. Найдите объемные доли углеводородов в исходной смеси.
- 4-48. Смесь ацетилена и этилена объемом 100 мл смешали с водородом объемом 150 мл и провели каталитическое гидрирование углеводородов. Объем газовой смеси после гидрирования и приведения смеси к исходным условиям составил 125 мл. Вычислите объемные доли углеводородов в смеси до реакции.
- 4-49. При сгорании газообразного органического вещества массой 8 г образовался углекислый газ объемом 13,44 л (н. у.) и вода массой 10,8 г. Это органическое вещество в 2 раза тяжелее неона. Выведите молекулярную формулу органического вещества и назовите его.
- 4-50. При сгорании органического вещества массой 13,6 г образовался углекислый газ объемом 22,4 л (н. у.) и вода массой 14,4 г. Плотность этого органического вещества по воздуху равна 2,345. Выведите молекулярную формулу органического вещества и назовите его.

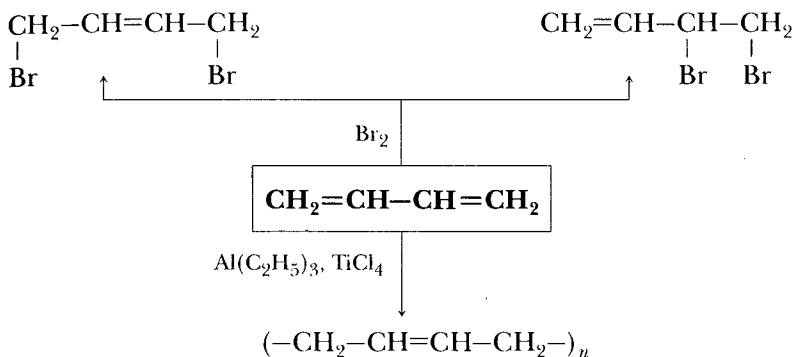
малу органического вещества и составьте формулы изомеров. Дайте названия веществам, формулы которых вы составили.

- 4–51.** Для полного гидрирования алкина массой 4 г потребовался водород массой 0,4 г. Выведите молекулярную формулу этого алкина и запишите уравнение реакции.
- 4–52.** Углеводород массой 16,2 г обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра. В результате реакции образовался осадок массой 48,3 г. Определите, какой углеводород вступил в реакцию, запишите уравнение этой реакции.
- 4–53.** Углеводород массой 6 г обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра. В результате реакции образовался осадок массой 22,2 г. Определите, какой углеводород вступил в реакцию, напишите уравнение этой реакции.
- 4–54.** В результате гидратации алкина массой 4,8 г образовался кетон массой 6,96 г. Определите, какой алкин вступил в реакцию.
- 4–55.** В ходе гидратации алкина объемом 17,92 л (н. у.) образовалось карбонильное соединение (альдегид или кетон), его масса составила 35,2 г. Определите, какой алкин вступил в реакцию.
- 4–56.** При бромировании 10,2 г алкина образовалось 58,2 г тетрабромид. Выведите молекулярную формулу алкина. Составьте структурные формулы его изомеров и дайте им названия.
- 4–57.** В результате бромирования некоторого алкина образовался тетрабромид, в котором массовая доля брома составляет 85,56 %. Выведите молекулярную формулу алкина, составьте структурные формулы изомеров и уравнения реакций их бромирования.
- 4–58.** При бромировании некоторого алкина образовался тетрабромид, в котором массовая доля брома составляет 82,47 %. Выведите молекулярную формулу алкина, составьте структурные формулы изомеров и уравнения реакций их бромирования.
- 4–59.** В результате гидробромирования некоторого алкина образовалась смесь дибромидов, в каждом из которых массовая доля брома составляет 79,21 %. Выведите формулу алкина и составьте уравнение реакции его бромирования.

**Алкадиены (диеновые углеводороды)** — углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых две двойные связи, остальные — ординарные.

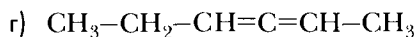
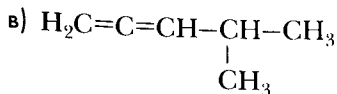
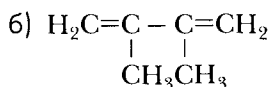
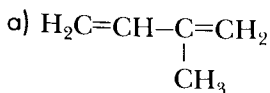
Общая молекулярная формула алкадиенов —  $C_nH_{2n-2}$ . На схеме 5 представлены химические свойства алкадиенов.

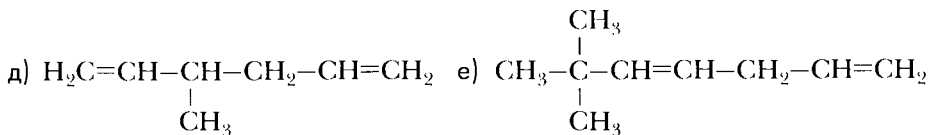
Схема 5. Химические свойства алкадиенов на примере бутадиена-1,3



### Вопросы и задания

- 5-1. У каких классов углеводородов общая молекулярная формула  $C_nH_{2n-2}$ ?
- 5-2. Из перечня формул, приведенного ниже, выберите формулы, которые могут соответствовать алкадиенам:  $C_4H_6$ ,  $C_8H_{16}$ ,  $C_9H_{16}$ ,  $C_7H_{16}$ ,  $C_4H_6$ ,  $C_7H_{12}$ ,  $C_5H_{10}$ ,  $C_4H_8$ .
- 5-3. Составьте молекулярные формулы алкадиенов, в молекулах которых число атомов углерода равно: а) 6, б) 8, в) 12, г) 50, д) и.
- 5-4. Составьте молекулярные формулы алкадиенов, в молекулах которых число атомов водорода равно: а) 8, б) 14, в) 100, г) 124, д) и.
- 5-5. Назовите алкадиены, формулы которых приведены ниже:



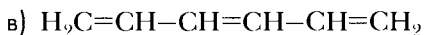
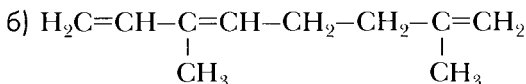


Определите, к какому типу алкадиенов (с кумулированными, сопряженными или изолированными двойными связями) относится каждое из веществ?

5–6. Рассмотрев формулы алкадиенов, приведенные в предыдущей задаче, определите, какому из веществ присуща *цис-транс*-изомерия? Составьте формулы *цис*- и *транс*-изомеров.

5–7. Определите степень гибридизации каждого из атомов углерода в молекулах веществ, формулы которых приведены в задаче 5–5.

5–8. Назовите вещества, формулы которых приведены ниже:



5–9. Составьте структурные формулы алкадиенов состава  $\text{C}_7\text{H}_{12}$  и дайте им названия.

5–10. Составьте структурные формулы алкадиенов состава  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , главная цепь которых состоит из пяти атомов углерода. Назовите эти вещества.

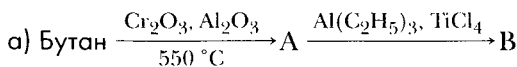
5–11. Составьте структурные формулы углеводородов состава  $\text{C}_5\text{H}_8$  и дайте им названия. К каким классам можно отнести эти углеводороды?

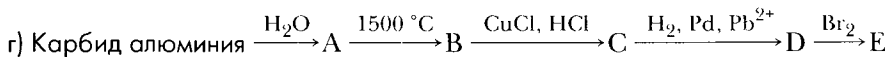
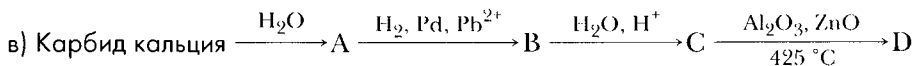
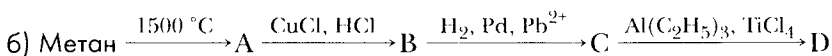
5–12. Составьте структурные формулы трех изомерных алкадиенов, соответствующих формуле  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  так, чтобы среди изомеров были вещества с кумулированными, сопряженными и изолированными двойными связями. Назовите эти вещества.

5–13. Напишите структурные формулы алкадиенов, в результате гидрирования которых образуется 2,4-диметилпентан, дайте им названия.

5–14. В чем особенность электронного строения алкадиенов с сопряженной двойной связью? Как она отражается на их химических свойствах?

5–15. Составьте уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:





**5-16.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Этан → Этилен → Этанол → Бутадиен-1,3 → СКБ (синтетический каучук бутадиеновый);

б) Бутан → Бутен-2 → Бутадиен-1,3 → СКБ;

в) Метан → Ацетилен → Винилацетилен → Хлоропрен → Хлоропреновый каучук;

г) Карбид кальция → Ацетилен → Винилацетилен → Дивинил → 1,4-Дибромбутен-2 → 1,4-Дибромбутан → Циклобутан;

д) Карбид алюминия → Метан → Ацетилен → Этилен → Этанол → Дивинил → 1,2,3,4-Тетрабромбутан.

**5-17.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтезы:

а) бутадиенового каучука из метана;

б) дивинилового каучука из карбида кальция;

в) 1,4-дибромбутана из этанола.

Укажите условия осуществления этих реакций.

### Расчетные задачи

**5-18.** Вычислите массу брома, который потребуется для бромирования дивинила массой 13,5 г при получении 1,4-дибромбутана.

**5-19.** Вычислите объем углекислого газа (н. у.), который образуется при полном сгорании изделия из бутадиенового каучука массой 5,4 г.

**5-20.** Какую массу бутадиена-1,3 можно получить из этилового спирта с массовой долей 96 % массой 1 кг, считая выход продукта реакции равным 75 %?

**5-21.** При сгорании органического вещества массой 37,8 г образовался углекислый газ объемом 62,7 л (н. у.) и вода массой 37,8 г. Плотность этого органического вещества по водороду равна 27. Выведите его молекулярную формулу и составьте структурные формулы его изомеров. Дайте им названия.

**5-22.** При сгорании органического вещества массой 17 г образовался углекислый газ объемом 28 л (н. у.) и вода массой 18 г. Плотность этого органического вещества по кислороду равна 2,125. Выведите молекулярную формулу орга-



нического вещества и составьте структурные формулы его изомеров. Дайте им названия.

**5–23.** Для синтеза соединений, содержащих шестичленные циклы, большое значение имеет *реакция Дильса — Альдера*, за разработку которой немецкие химики О. Дильс и К. Альдер получили в 1950 г. Нобелевскую премию. Напишите уравнение реакции присоединения этилена к бутадиену-1,3 (200 °С, 200–400 атм). Вычислите выход продукта реакции (циклогексена), если из порции бутадиена-1,3 массой 5,4 г можно получить 1,64 г циклогексена.

**5–24.** При изготовлении боевого самолета используется примерно 600 кг каучука. Вычислите, какой объем этанола (его плотность 0,8 г/см<sup>3</sup>) потребуется для получения такой массы каучука по способу Лебедева, если практический выход дивинила из этанола 70 %, а выход каучука при полимеризации 95 %.

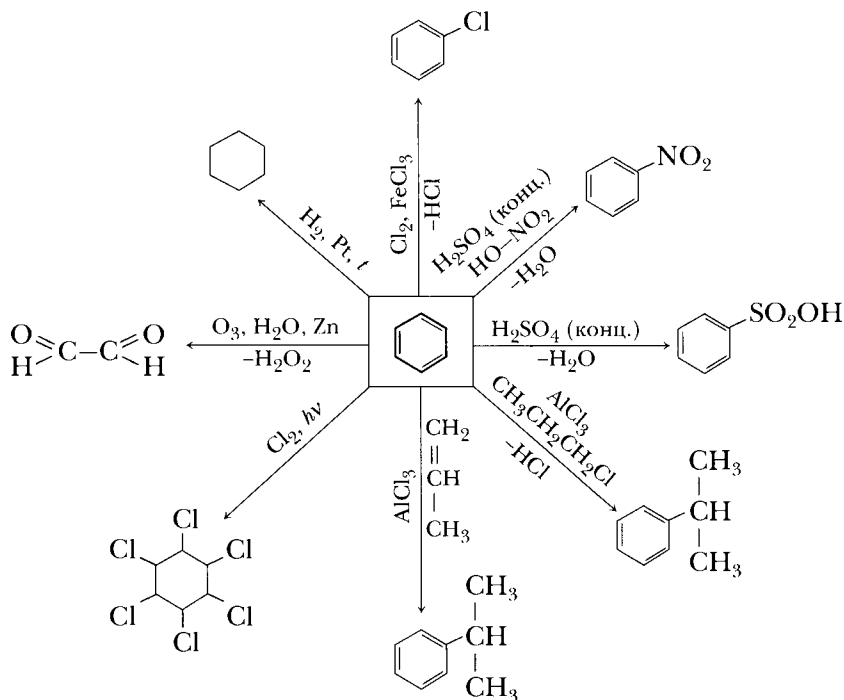
# Ароматические углеводороды

**Ароматические углеводороды (арены)** — органические соединения, состоящие из углерода и водорода, в молекуле которых имеется одно или несколько бензольных колец.

## Бензол

На схеме 6 представлены химические свойства бензола.

Схема 6. Химические свойства бензола



## Вопросы и задания

- 6-1. Составьте структурные формулы шести изомеров, отвечающих молекулярной формуле  $\text{C}_6\text{H}_6$ .
- 6-2. Сравните строение молекул бутадиена-1,3 и бензола. В чем сходство и различие в строении этих молекул?
- 6-3. Почему для бензола, несмотря на его высокую степень ненасыщенности, более характерны реакции замещения, а не присоединения?

6-4. Что означает фраза «бензол — ароматический углеводород»? Ответ обоснуйте.

6-5. Из перечисленных ниже веществ выберите те, которые хорошо растворимы в бензоле: бром, хлорид калия, вода, *n*-гексан, иод, нитрат натрия.

6-6. С какими из перечисленных ниже веществ реагирует бензол:

- а) водород, бром, вода, азот, азотная кислота, бромная вода;
- б) кислород, хлорэтан, концентрированная серная кислота, пропан, хлор;
- в) озон, метилиодид, оксид углерода (IV), соляная кислота, этилен, ацетилхлорид;
- г) хлороводород, иод, 1-хлорпропан, 2-хлорпропан, раствор перманганата калия?

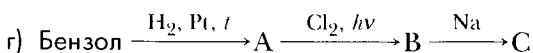
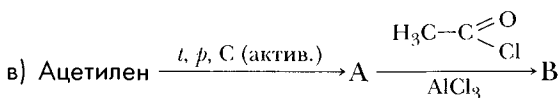
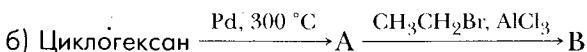
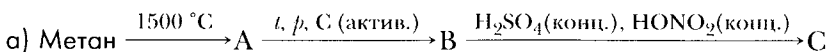
Напишите уравнения возможных реакций, укажите условия их осуществления.

6-7. Приведите пример, показывающий, что в результате взаимодействия с бензолом одного и того же реагента образуются различные продукты в зависимости от условий реакции. Объясните, почему так происходит.

6-8. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ, обозначьте условия их осуществления:

- а) Метан → Ацетилен → Бензол → Бромбензол;
- б) Карбид кальция → Ацетилен → Бензол → Нитробензол;
- в) Бензол → Циклогексан → Хлорциклогексан → 1, 1-Дихлорциклогексан;
- г) Карбид алюминия → Метан → Ацетилен → Бензол → Гексахлорциклогексан;
- д) Циклогексен → Циклогексан → Бензол → Тoluол;
- е) 1-Хлорпропан → *n*-Гексан → Бензол → Тoluол;
- ж) Бензол → Бензолсульфоновая кислота → Бензолсульфонат натрия;
- з) Бензойная кислота → Бензол → Бромбензол → Бромциклогексан → Циклогексанол.

6-9. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ, обозначьте условия их осуществления:

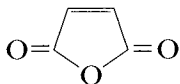


**6-10.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых в несколько стадий можно осуществить синтезы:

- а) циклогексана из ацетилена;
- б) нитробензола из этанола;
- в) бромциклогексана из бензола;
- г) толуола из метана;
- д) 1,2-дибромциклогексана из бензола;
- е) гексахлорциклогексана из карбида кальция;
- ж) бензолсульфоновой кислоты из бензойной кислоты.

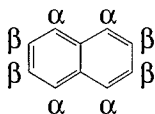
**6-11.** Составьте структурные формулы производных бензола: а)  $C_6H_4Cl_2$ ; б)  $C_6H_3Cl_3$ . Назовите эти вещества.

**6-12.** В жестких условиях ( $450\text{ }^\circ\text{C}$ ) бензол окисляется кислородом в присутствии оксида ванадия (V) в малеиновый ангидрид:



Побочными продуктами этой реакции являются оксид углерода (IV) и вода. Составьте уравнение этой реакции.

**6-13.** Ниже приведена формула нафталина и отмечены  $\alpha$ - и  $\beta$ -углеродные атомы:



Составьте уравнения реакций бромирования и нитрования нафталина, учитывая, что в ходе этих реакций замещается водород при  $\alpha$ -углеродных атомах. Напишите уравнение реакции полного гидрирования нафталина ( $200\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}$ , катализатор — никель).

### Расчетные задачи

**6-14.** Выведите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет  $92,3\%$ , а плотность его паров по воздуху —  $2,69$ . Составьте несколько структурных формул его изомеров.

**6-15.** При действии смеси концентрированных серной и азотной кислот на бензол массой  $15,6\text{ г}$  при температуре  $50\text{ }^\circ\text{C}$  получили нитробензол массой  $20,91\text{ г}$ . Вычислите практический выход нитробензола в процентах от теоретически возможного.

**6-16.** В результате бромирования порции бензола объемом  $17,73\text{ мл}$  при  $80\text{ }^\circ\text{C}$  (катализатор —  $FeBr_3$ ) удалось получить  $23,55\text{ г}$  бромбензола. Вычислите

практический выход бромбензола от теоретически возможного. Плотность бензола  $0,88 \text{ г/см}^3$ .

**6-17.** В результате хлорирования порции бензола объемом  $31,9 \text{ мл}$  при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (катализатор —  $\text{FeCl}_3$ ) удалось получить  $36,45 \text{ г}$  хлорбензола. Вычислите практический выход хлорбензола от теоретически возможного. Плотность бензола  $0,88 \text{ г/см}^3$ .

**6-18.** В ходе каталитического хлорирования бензола могут образоваться побочные продукты — *орто*- и *пара*-дихлорбензолы. Вычислите массовую долю дихлорбензолов в смеси после реакции бензола массой  $39 \text{ г}$  с хлором объемом  $12,32 \text{ л}$  (н. у.). Суммарный выход продуктов реакции условно примем равным  $100\%$ .

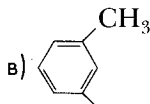
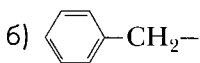
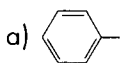
**6-19.** Из  $1 \text{ т}$  угля в процессе коксования образуется примерно  $55 \text{ кг}$  каменноугольной смолы, из которой перегонкой можно получить  $0,9 \text{ кг}$  бензола,  $2,3 \text{ кг}$  нафталина,  $0,2 \text{ кг}$  толуола,  $45 \text{ г}$  ксилолов (диметилбензолов). Вычислите, какова массовая доля бензола в каменноугольной смоле. Какая масса угля потребуется для получения  $1 \text{ кг}$  бензола из каменноугольной смолы?

## Гомологи бензола

### Вопросы и задания

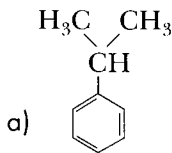
**6-20.** Составьте структурные формулы аренов, имеющих состав  $\text{C}_8\text{H}_{10}$ , и дайте им названия.

**6-21.** Назовите радикалы, формулы которых изображены ниже:

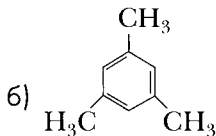


Первичным, вторичным или третичным является каждый из приведенных радикалов? Составьте их молекулярные формулы.

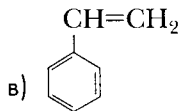
**6-22.** Ниже приведены формулы некоторых ароматических углеводородов и даны их тривиальные названия. Составьте их молекулярные формулы и назовите эти углеводороды по систематической номенклатуре:



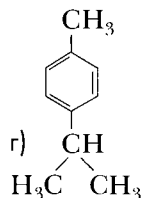
кумол



мезитилен



стирол



цимол

Какие из этих веществ являются: а) изомерами, б) гомологами?

**6-23.** Напишите уравнения реакций алкилирования этилхлоридом: а) бензола, б) толуола, в) *m*-ксилола (1,3-диметилбензола), г) этилбензола по *Фриделю — Крафтсу*. Назовите продукты реакций и укажите условия и тип данных реакций.

**6-24.** Сравните ход реакций бромирования толуола: а) при облучении, б) в присутствии бромида железа (III). В чем отличия в механизмах этих реакций? Ответ мотивируйте.

**6-25.** Объясните причины различной реакционной способности:

а) бензола и этилбензола;

б) бензола и бензойной кислоты

по отношению к электрофильным реагентам. Составьте соответствующие уравнения химических реакций.

**6-26.** Напишите уравнения реакций хлорирования:

а) толуола на свету;

б) толуола в присутствии хлорида железа (III);

в) пропена при комнатной температуре;

г) пропена при нагревании (300 °С).

В чем сходство и различия данных реакций? Покажите, как различия в условиях осуществления реакций могут привести к образованию разных продуктов. Укажите причину того, что реакции осуществляются по-разному в зависимости от условий их проведения.

**6-27.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ, обозначьте условия их осуществления:

а) Бензол → Толуол → *n*-Бромтолуол → *n*-Бромбензойная кислота;

б) Толуол → Бензойная кислота → Бензол → Толуол;

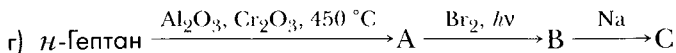
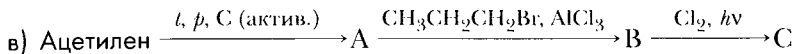
в) Бензол → Толуол → Бензилбромид → 1,2-Дифенилэтан;

г) Бензол → Этилбензол → 1-Бром-1-фенилэтан → Стирол (винилбензол) → Полистирол.

**6-28.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ, обозначьте условия их осуществления:

а) Метан  $\xrightarrow{1500\text{ }^\circ\text{C}}$  А  $\xrightarrow{t, p, \text{C (актив.)}}$  В  $\xrightarrow{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br, AlCl}_3}$  С  $\xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{O}}$  D

б) Циклогексан  $\xrightarrow{\text{Pd, } 300\text{ }^\circ\text{C}}$  А  $\xrightarrow{\text{CH}_3\text{Cl, AlCl}_3}$  В  $\xrightarrow{\text{Br}_2, \text{FeBr}_3}$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \text{C} \\ \text{---} \text{D} \end{array} \right.$



**6–29.** Какие ароматические углеводороды образуются при каталитическом де-гидрировании а) циклогексана, б) 1,2-диметилциклогексана, в) изобутил-циклогексана? Составьте уравнения реакций, укажите условия их осуществления.

**6–30.** Напишите уравнения реакций получения изопропилбензола (кумола):

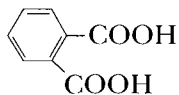
- а) алкилированием бензола пропаном (в присутствии минеральных кислот),  
 б) алкилированием бензола пропилбромидом (в присутствии хлорида алюминия).

**6–31.** Составьте уравнения реакций каталитического гидрирования: а) толуола, б) стирола, в) цимола (формулы стирола и цимола см. в задаче 6–22). К какому классу органических соединений относятся продукты этих реакций?

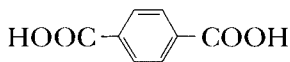
**6–32.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтезы:

- а) бензилбромида из *n*-гептана;  
 б) 2,4,6-тринитротолуола из карбида кальция;  
 в) *m*-бромбензойной кислоты из метана;  
 г) *n*-бромбензойной кислоты из метана;  
 д) смеси фталевой и терефталевой кислот из бензола.

Укажите условия осуществления реакций, назовите промежуточные продукты. Формулы фталевой и терефталевой кислот приведены ниже:



фталевая кислота



терефталевая кислота

**6–33.** Расположите в порядке увеличения реакционной способности в реакции нитрования следующие органические соединения: бензойная кислота, толуол, бромбензол, бензол, *m*-динитробензол. Ответ обоснуйте.

**6–34.** Объясните, почему реакции алкилирования бензольного ядра не характерны для бензальдегида, бензойной кислоты, нитробензола.

**6–35.** Какие продукты образуются при взаимодействии перечисленных далее углеводородов с раствором перманганата калия: а) толуола, б) пропилбензола, в) 1-метил-4-изопропилбензола (цимола), г) 1,2,4,5-тетраметилбензола (дурола), д) *n*-этил-*трет*-бутилбензола? Напишите уравнения соответствующих реакций.

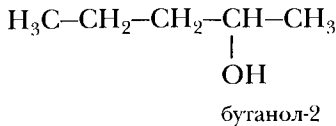
## Расчетные задачи

- 6-36.** В ходе нитрования при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  из 23 г толуола образуется примерно 30 г смеси *o*- и *n*-мононитропроизводных. Вычислите суммарный практический выход продуктов мононитрования.
- 6-37.** В результате нитрования порции толуола смесью азотной и серной кислот при  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  образовалась смесь мононитропроизводных: 31,784 г *o*-нитротолуола, 2,192 г *m*-нитротолуола и 20,824 г *n*-нитротолуола. Рассчитайте массовые доли изомерных нитротолуолов в смеси после реакции. Вычислите массу порции толуола, допуская, что общий практический выход мононитротолуолов составил 80%.
- 6-38.** При сгорании 13,8 г органического вещества в избытке кислорода образовался углекислый газ массой 46 г и вода массой 10,8 г. Плотность паров этого вещества по метану составляет 5,75. На гидрирование 1 моль этого соединения расходуется 3 моль водорода. Установите, о каком веществе идет речь.
- 6-39.** Продукты, полученные при сгорании углеводорода массой 31,8 г в избытке кислорода, пропустили через избыток известковой воды. Масса образовавшегося осадка составила 240 г. Продукты сгорания точно такой же порции углеводорода в избытке кислорода пропустили через трубку, заполненную оксидом фосфора (V). Их масса возросла на 27 г. Плотность паров углеводорода по водороду составляет 53. Углеводород не обесцвечивает бромную воду. Выведите молекулярную формулу углеводорода. Составьте формулы двух его изомеров и дайте им названия.



## Спирты

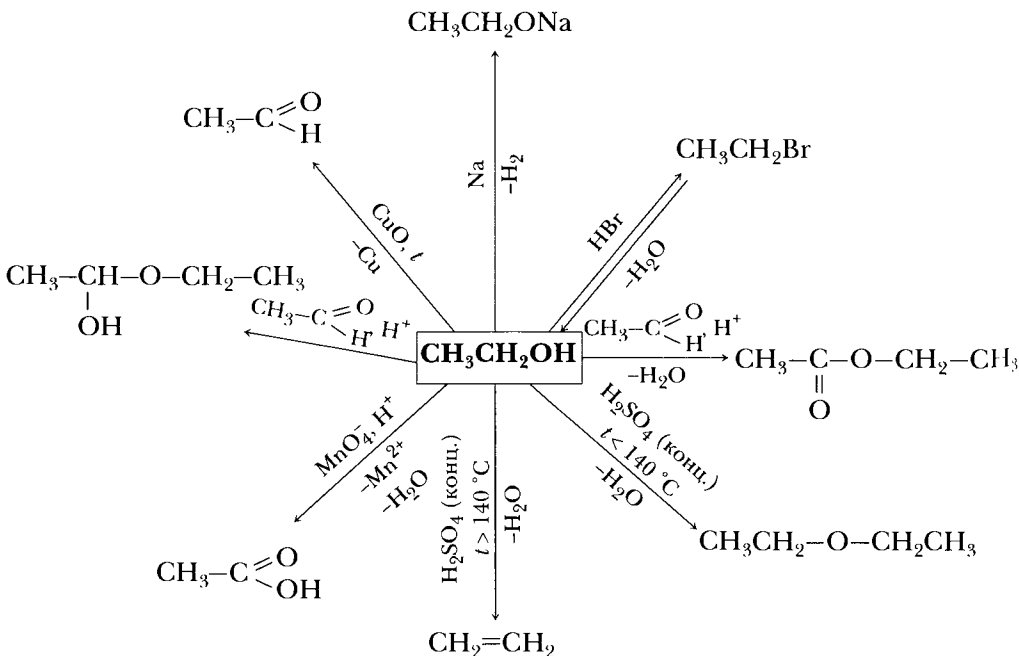
**Спирты** – органические вещества, в молекулах которых **гидроксогруппа** –ОН соединена с атомом углерода, находящимся в  $sp^3$ -гибридном состоянии.



По числу гидроксогрупп в молекуле спирты могут быть одноатомными, двухатомными, трехатомными и т. д. По природе углеводородного радикала спирты могут быть предельными, непредельными, циклическими и ароматическими. По типу углеродного атома, соединенного с гидроксогруппой, спирты могут быть первичными, вторичными, третичными.

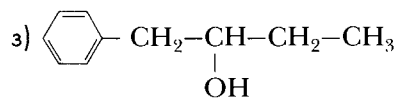
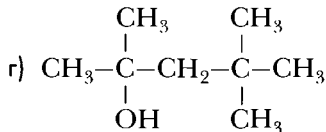
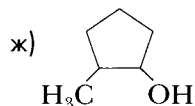
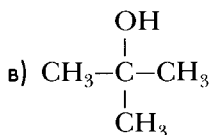
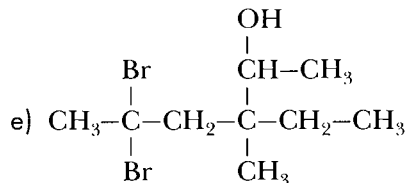
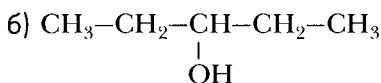
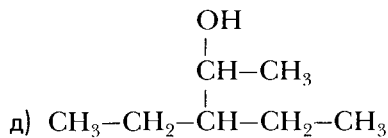
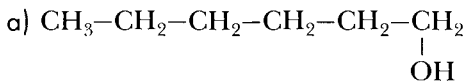
Общая молекулярная формула предельных одноатомных спиртов –  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ . На схеме 7 представлены химические свойства спиртов.

Схема 7. Химические свойства спиртов на примере этанола



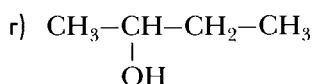
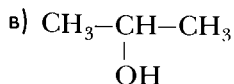
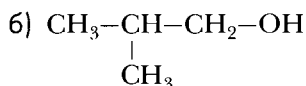
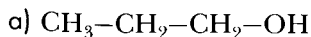
## Вопросы и задания

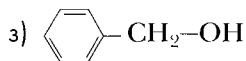
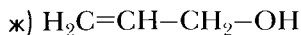
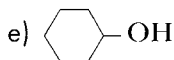
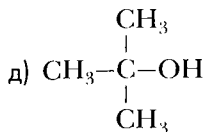
7-1. Дайте названия спиртов, формулы которых приведены ниже, по заместительной номенклатуре:



Классифицируйте эти спирты по природе углеводородного радикала, по атомности, по типу атома углерода, соединенного с гидроксогруппой.

7-2. Назовите спирты, формулы которых приведены ниже, по заместительной и по радикально-функциональной номенклатуре:

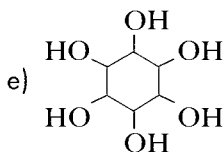
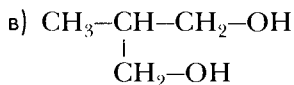
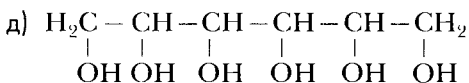
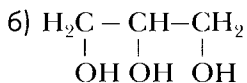
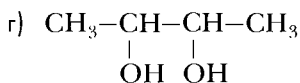
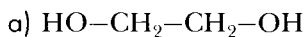




Классифицируйте эти спирты по природе углеводородного радикала, по атомности, по типу атома углерода, соединенного с гидроксогруппой.

**7-3.** Напишите структурные формулы четырех изомерных спиртов, отвечающих молекулярной формуле  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ . Дайте названия этим спиртам по заместительной и по радикально-функциональной номенклатуре. Какие из изомеров являются первичными, вторичными и третичными спиртами?

**7-4.** Назовите спирты, формулы которых приведены ниже, по заместительной номенклатуре:



**7-5.** Составьте структурные формулы четырех спиртов состава  $\text{C}_5\text{H}_9(\text{OH})_3$  и дайте им названия.

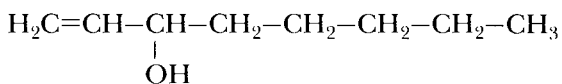
**7-6.** Составьте структурную формулу вещества 3,3-диметилпентанол-2. Напишите его молекулярную формулу и составьте структурные формулы трех его изомеров, один из которых принадлежит к другому классу органических веществ. Дайте им названия.

**7-7.** В качестве одного из компонентов парфюмерных композиций применяют спирт 2,6-диметилгептанол-2. Это бесцветная жидкость, обладающая тонким цветочным запахом с оттенком аромата земляники. Составьте формулу это-

го спирта и формулы двух-трех его изомеров, один из которых принадлежит другому классу органических веществ. Назовите их.

**7–8.** *Цис*-гексен-3-ол-1 (спирт листьев) применяют как компонент пищевых эссенций. Это жидкость с сильным запахом, приобретающая при разбавлении запах листьев и свежей травы. Составьте формулу этого спирта и формулу одного из его изомеров, который принадлежит к другому классу органических веществ.

**7–9.** Как компонент парфюмерных композиций и фруктовых эссенций применяют спирт мацутаэ, его формула изображена ниже:

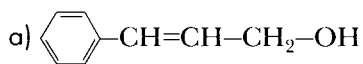


Эта бесцветная жидкость, обладающая сильным грибным запахом с оттенком запаха травы, содержится в лавандовом масле и некоторых грибах. Дайте название этому спирту по систематической номенклатуре. Классифицируйте его по атомности и по природе углеводородного радикала.

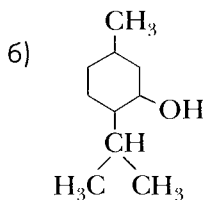
**7–10.** В гераниевом и розовом эфирных маслах содержится *гераниол* — светложелтая жидкость с ароматом розы, широко используемая в парфюмерии. Гераниол является спиртом, его название по систематической номенклатуре — *3,7*-диметил-*транс*-октадиен-2,6-ол-1. Составьте структурную формулу гераниола и напишите его молекулярную формулу. Составьте структурную формулу его *цис*-изомера — *нерола*, у которого запах более нежный, чем у гераниола.

**7–11.** В бергамотном, лавандовом, кориандровом, гераниевом и многих других эфирных маслах содержится спирт *линалоол* — *3,7*-диметил-октадиен-1,6-ол-3 — жидкость с ароматом ландыша. Он применяется в парфюмерии и для получения витамина Е. Составьте структурную формулу этого спирта и классифицируйте его.

**7–12.** Ниже приведены формулы спиртов и даны их тривиальные названия. Назовите эти спирты по систематической номенклатуре:



коричный спирт



ментол

Классифицируйте приведенные здесь спирты.

**7–13.** Температура кипения диметилового эфира  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а этилового спирта  $+78,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При обычных условиях диметиловый эфир — газ, а этанол — жидкость. Объясните, почему эти вещества, имея одинаковую молекулярную массу, существенно отличаются значениями температуры кипения.

**7–14.** Ниже приведена таблица, в которой указаны значения температуры кипения нескольких веществ с близкими или одинаковыми молярными массами.

Вещество	Молярная масса, г/моль	Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$
<i>n</i> -Пентан	70	36,07
Бутанол-1	74	117,25
Бутанол-2	74	99,5
2-Метилпропанол-1	74	108,4
2-Метилпропанол-2	74	82,2
Пропандиол-1,2	76	188
Пропандиол-1,3	76	214,2

Почему между *n*-пентаном и бутанолом-1 (и его изомерами) столь значительная разница в значениях температуры кипения? Почему температуры кипения пропандиола-1,2 и пропандиола-1,3 выше, чем бутанола-1 и его изомеров?

**7–15.** Расположите перечисленные спирты в ряд по возрастанию кислотности:

- этиловый, метиловый, изопропиловый, пропиловый спирты;
- 4-хлорбутанол-1, 2-хлорбутанол-1, бутанол-1, 3-хлорбутанол-1, бутанол-2;
- этиловый, изобутиловый, бутиловый и *трет*-бутиловый спирты;
- бутанол-1, бутандиол-1,2, бутандиол-1,3, бутантриол-1,2,3;
- 3-бромпропанол-1, 3-хлорпропанол-1, 3-фторпропанол-1, 3-йодпропанол-1.

Дайте краткое обоснование.

### Примечание к заданию 7–15

Для сравнения кислотности спиртов воспользуемся понятием «индуктивный эффект». *Индуктивный эффект* — передача электронного влияния заместителей по цепи  $\sigma$ -связей.

*Положительный индуктивный эффект* — смещение электронной плотности от данного атома или группы атомов. Таким эффектом, например, обладают алкильные радикалы (метил, этил, пропил, изопропил и т. д.).

**Отрицательный индуктивный эффект** — смещение электронной плотности к данному атому или группе атомов. Таким эффектом обладают атомы галогенов, группы атомов  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{OH}$  и др.

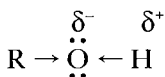
По величине положительного индукционного эффекта (+I) углеводородные радикалы можно расположить в ряд:

а) метил < этил < пропил < бутил < пентил и т. д. (чем больше алкильный радикал, тем большим +I-эффектом он обладает);

б) бутил < изобутил < *трет*-бутил (чем более разветвлен углеводородный радикал, тем больше +I).

Индукционный эффект передается по цепи связей с постепенным затуханием и, как правило, через три-четыре связи уже не проявляется. В наибольшей степени он сказывается на соседних связях.

В молекуле спирта



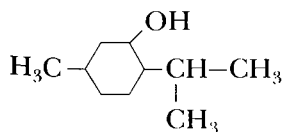
атом кислорода более электроотрицателен по сравнению с углеродом и водородом, поэтому связи  $\text{C}-\text{O}$  и  $\text{O}-\text{H}$  — ковалентные полярные. При этом более полярной является связь  $\text{O}-\text{H}$ . В химических реакциях она может гетеролитически разрываться с образованием катиона водорода. Это и обуславливает кислотные свойства спиртов. Чем большим положительным индуктивным эффектом обладает углеводородный радикал, тем ниже кислотность спирта.

**7-16.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует этиловый спирт: натрий, концентрированная серная кислота, гидроксид натрия, оксид меди (II), хлорид натрия, медь, кислород, хлороводород, водород. Напишите уравнения возможных реакций и назовите их продукты. Если для осуществления реакции требуется нагревание, укажите это условие.

**7-17.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует метиловый спирт: калий, гидроксид калия, бромоводород, оксид меди (II), бромид калия, концентрированная серная кислота, гидроксид натрия, водород, уксусная кислота. Напишите уравнения реакций, укажите условия их осуществления. Назовите продукты этих реакций.

**7-18.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует изопропиловый спирт: концентрированная серная кислота, кальций, дихромат калия, хлороводород, бромид калия, гидроксид натрия. Напишите уравнения возможных реакций.

**7-19.** Ниже приведена формула ментола (это вещество выделяют из мяты перечной):



С какими из перечисленных веществ реагирует ментол: натрий, гидроксид натрия, хлор, хлороводород, перманганат калия? Какие продукты образуются в результате реакций?

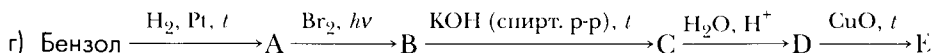
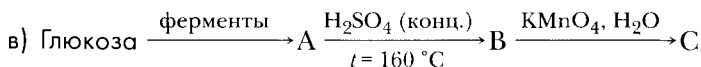
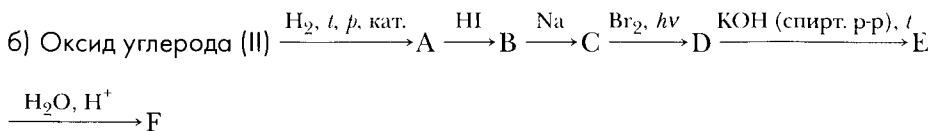
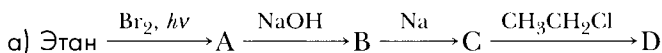
**7-20.** Какие алкены образуются при нагревании с концентрированной серной кислотой следующих спиртов: этанол, бутанол-1, бутанол-2, 2-метилбутанол-2? Составьте уравнения реакций.

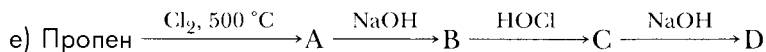
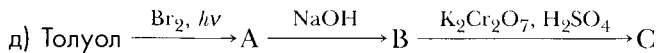
**7-21.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

- а) Метан → Метилхлорид → Метанол → Диметиловый эфир;  
 б) Карбид кальция → Ацетилен → Этилен → Этанол → Этаналь;  
 в) *n*-Бутан → 2-Бромбутан → Бутен-2 → Бутанол-2 → 2-Бромбутан;  
 г) Оксид углерода (II) → Метанол → Метилат натрия → Метанол → Метаналь;  
 д) Глюкоза → Этанол → Уксусная кислота → Этиловый эфир уксусной кислоты;  
 е) Глюкоза → Этанол → Этилен → Этилбромид → Этанол;  
 ж) Пропен → Аллилхлорид (3-хлорпропен) → Пропилхлорид → Пропанол-1 → Дипропиловый эфир;  
 з) Бутанол-2 → Бутен-2 → 2-Бромбутан → Бутанол-2 → Бутанон-2;  
 и) Этилен → 1,2-Дихлорэтан → Этиленгликоль → Гликолят меди (II);  
 к) Пропен → 1-Бромпропан → Пропанол-1 → Пропиловый эфир уксусной кислоты;  
 л) Пропен → Аллилхлорид → 1,2,3-Трихлорпропан → Глицерин → Глицерат меди (II);  
 м) Аллилхлорид (3-хлорпропен) → Аллиловый спирт → Монохлоргидрин глицерина → Глицерин → Тринитроглицерин.

Укажите условия проведения реакций, запишите названия реакций.

**7-22.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

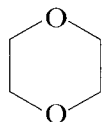




**7–23.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить синтезы:

- а) уксусного альдегида из оксида углерода (II);
- б) метаналь из карбида алюминия;
- в) диметилового эфира из оксида углерода (II);
- г) 1,4-диоксана (формула приведена ниже) из глюкозы;
- д) дигексоксилового эфира из карбида кальция;
- е) тринитроглицерина из метана;
- ж) винилацетилена из этиленгликоля.

Напишите названия образующихся веществ и названия реакций.



1,4-диоксан

**7–24.** В трех склянках без этикеток находятся вещества: этанол, водный раствор этиленгликоля, водный раствор этилена. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**7–25.** Первичные, вторичные и третичные спирты можно различить с помощью *реактива Лукаса* (смесь концентрированной соляной кислоты и хлорида цинка). При взаимодействии с ним спиртов алкилгалогениды образуются с различной скоростью. Быстрее всего реагируют третичные спирты, образуется несмешивающийся с водой алкилгалогенид. Вторичные спирты сначала растворяются в реактиве, но затем раствор мутнеет, через некоторое время появляются капли алкилгалогенида. Растворы первичных спиртов остаются прозрачными.

В трех склянках без этикеток находятся бутанол-1, бутанол-2, 2-метилбутанол-2. Как распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Опишите ход распознавания и составьте уравнения реакций.

**7–26.** В двух склянках без этикеток находятся бутиловый и *трет*-бутиловый спирты. Как с помощью щелочного раствора перманганата калия можно узнать, какой из спиртов находится в каждой из склянок?

**7–27.** Молекулярная формула вещества  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ . При его окислении образуется альдегид. Составьте структурную формулу этого вещества и структурные



формулы двух его изомеров, один из которых принадлежит другому классу органических веществ.

**7–28.** Молекулярная формула вещества  $C_3H_8O$ . При его окислении образуется кетон. О каком веществе идет речь?

**7–29.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить циклогексильный спирт:

- восстановлением циклогексанона;
- гидролизом циклогексилбромида;
- гидратацией циклогексена.

### Расчетные задачи

**7–30.** Вычислите молярную концентрацию метанола в его 20 %-м (по массе) растворе. Плотность такого раствора равна  $0,968 \text{ г/см}^3$ .

**7–31.** Вычислите объем водорода (н. у.), который образуется при взаимодействии металлического натрия массой  $3,45 \text{ г}$  с избытком абсолютного спирта (безводного этанола).

**7–32.** Вычислите объем водорода (н. у.), который образуется при взаимодействии кусочка натрия объемом  $2,5 \text{ см}^3$  с избытком этанола. Плотность натрия —  $0,97 \text{ г/см}^3$ .

**7–33.** Порцию *трет*-бутилового спирта (2-метилпропанол-2) массой  $37 \text{ г}$  обработали концентрированной бромоводородной кислотой при  $20^\circ\text{C}$ . В результате реакции образовался монобромид массой  $32,88 \text{ г}$ . Вычислите практический выход *трет*-бутилбромида от теоретически возможного.

**7–34.** Смесь метанола и этанола массой  $15,6 \text{ г}$  обработали избытком натрия. В результате реакции образовался водород объемом  $4,48 \text{ л}$  (н. у.). Вычислите массовые доли спиртов в исходной смеси.

**7–35.** Смесь пропанола-1 и метанола массой  $13,6 \text{ г}$  обработали избытком магния. В результате реакции образовался водород объемом  $3584 \text{ мл}$  (н. у.). Вычислите массовые доли спиртов в исходной смеси.

**7–36.** На практике по органической химии студенту поручили синтез дибутилового эфира. Студент взял порцию бутилового спирта объемом  $62 \text{ мл}$ . В результате синтеза ему удалось получить  $32,47 \text{ мл}$  эфира. Вычислите практический выход дибутилового эфира. Плотность бутанола-1 составляет  $0,81 \text{ г/см}^3$ , а дибутилового эфира —  $0,77 \text{ г/см}^3$ .

**7–37.** В лабораторных условиях в ходе дегидратации изопентилового спирта массой  $50 \text{ г}$  удается получить диизоамиловый эфир массой  $25 \text{ г}$ . Определите практический выход эфира в процентах от теоретически возможного и рассчитайте, какой объем изопентилового спирта потребуется для синтеза  $30 \text{ мл}$

эфира. Плотность диизопентилового эфира составляет  $0,78 \text{ г/см}^3$ , а плотность изопентилового спирта —  $0,81 \text{ г/см}^3$ .

- 7–38.** Современным способом производства метанола является его синтез при давлении 7–10 МПа на цинк-медь-алюминиевом катализаторе. Установка для синтеза метанола производит примерно 400 000 т метанола в год. Практический выход метанола составляет 95 % от теоретически возможного. Вычислите массу водорода и оксида углерода (II), которые потребуются для синтеза метанола за год.
- 7–39.** При сгорании 12 г органического вещества образовался углекислый газ объемом 13,44 л (н. у.) и вода массой 14,4 г. Пары этого вещества в 2 раза тяжелее этана. Найдите молекулярную формулу органического вещества, составьте структурные формулы его изомеров и назовите их.
- 7–40.** При сгорании органического вещества массой 26,4 г образовалось 33,6 л (н. у.) углекислого газа и 32,4 г воды. Пары этого вещества в 2 раза тяжелее пропана. При окислении этого вещества раствором дихромата калия в присутствии серной кислоты образуется альдегид. Найдите молекулярную формулу органического вещества, составьте структурные формулы его изомеров и назовите их.
- 7–41.** Для установления состава порцию органического вещества массой 29,6 г сожгли. В результате реакции образовался углекислый газ объемом 35,84 л (н. у.) и вода массой 36 г. Плотность паров этого вещества по метану составляет 4,63. При окислении этого вещества раствором дихромата калия в присутствии серной кислоты образуется кетон. Какое вещество сожгли? Напишите его формулу.
- 7–42.** При окислении 31,2 г циклического спирта дихроматом натрия в присутствии серной кислоты образовался кетон массой 23,2 г. Практический выход кетона составил 85 % от теоретически возможного. Выведите молекулярную формулу спирта, составьте структурные формулы нескольких его изомеров и напишите уравнения реакций их окисления.
- 7–43.** При этерификации 15 г предельного спирта уксусной кислотой образовалось 20,4 г эфира. Практический выход эфира составил 80 % от теоретически возможного. Выведите молекулярную формулу спирта и составьте структурные формулы его изомеров.

#### Указания к решению задачи

Рассчитаем массу эфира, которая должна была бы быть при 100 %-м выходе:  
 $20,4 \text{ г} / 0,8 = 25,5 \text{ г}$

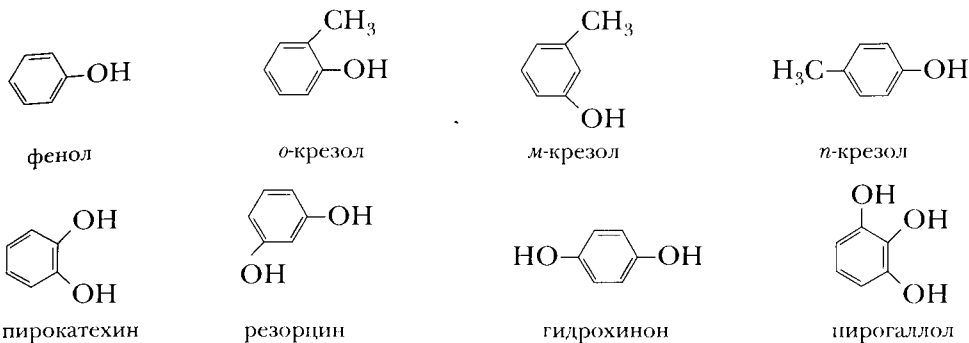
Составляем и решаем уравнение:

$$\frac{15}{14n + 18} = \frac{25,5}{14n + 60}$$

Получаем:  $n = 3$ .

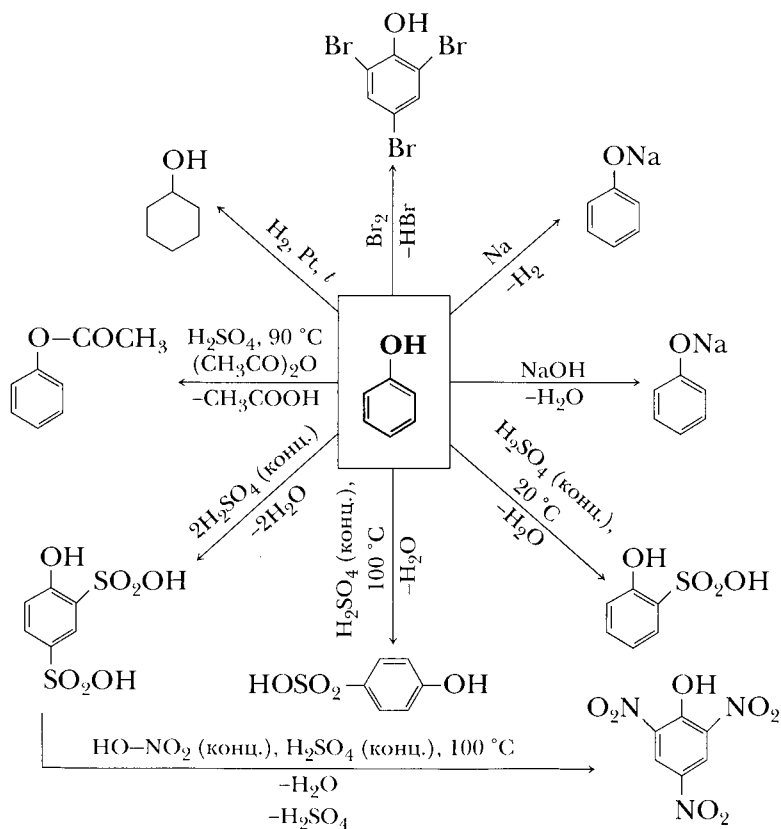
# Фенолы

**Фенолы** — органические вещества, в молекулах которых гидроксигруппа —OH соединена непосредственно с бензольным кольцом.



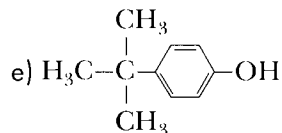
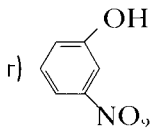
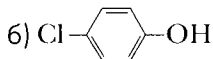
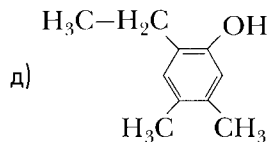
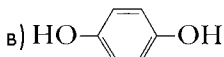
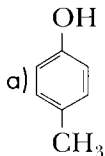
На схеме 8 представлены химические свойства фенола.

Схема 8. Химические свойства фенола

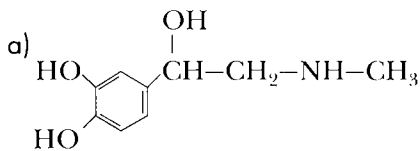


## Вопросы и задания

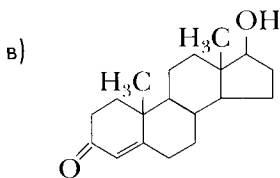
**7–44.** Дайте названия веществам, формулы которых приведены ниже по заместительной номенклатуре:



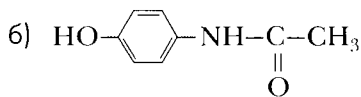
**7–45.** Вещества, формулы которых приведены ниже, содержат или спиртовые, или фенольные, или и те и другие гидроксильные группы. Найдите спиртовые и фенольные гидроксильные группы в этих веществах:



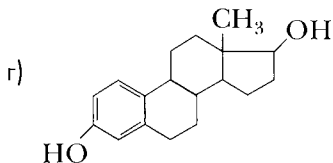
адреналин  
(гормон, вырабатываемый  
надпочечниками)



тестостерон  
(мужской половой гормон)



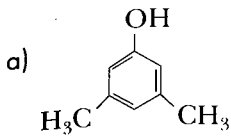
парацетамол  
(лекарственный препарат)



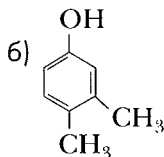
эстрадиол  
(женский половой гормон)

**7–46.** Изомерные фенолы состава  $C_7H_7OH$  применяют в медицинской практике как антисептик под названием «лизол». Изобразите формулы этих фенолов и дайте им названия по номенклатуре IUPAC.

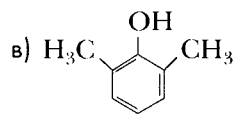
**7–47.** Ниже приведены формулы нескольких фенолов и указан их запах. Обратите внимание, как он зависит от положения заместителей. Составьте названия этих фенолов по систематической номенклатуре:



слабый запах



запах плесени



запах масла гаулерии

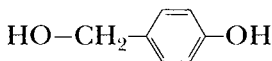
**7-48.** Выберите, с какими из перечисленных реагентов будет взаимодействовать фенол: натрий, серебро, гидроксид натрия, бромоводород, бромная вода, бромид натрия, водород. Запишите уравнения возможных реакций.

**7-49.** Расположите следующие вещества в ряд по возрастанию кислотности:

- а) фенол, этанол, 3-метилфенол (*m*-крезол), 2,4,6-триметилфенол, 3-нитрофенол;  
 б) фенол, *n*-нитрофенол, 2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота), *n*-крезол.

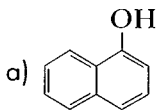
Ответ мотивируйте.

**7-50.** Из приведенного далее списка реагентов выберите те, с которыми будет реагировать *n*-гидроксиметилфенол:

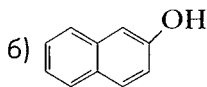


Реагенты: калий, гидроксид калия, хлороводород, хлорид калия, водород.  
 Составьте уравнения соответствующих реакций.

**7-51.** Ниже приведены формулы нафтолов:



$\alpha$ -нафтол



$\beta$ -нафтол

С какими из веществ будут взаимодействовать нафтолы: натрий, гидроксид калия, хлороводород, водород. Составьте уравнения осуществимых реакций.

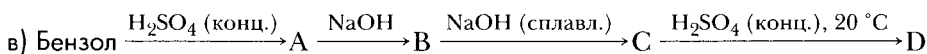
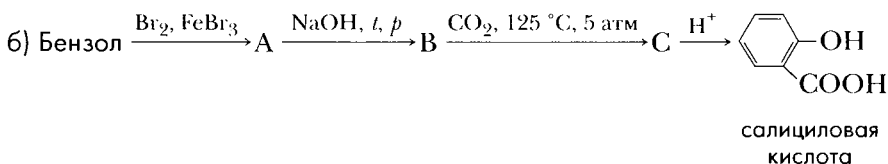
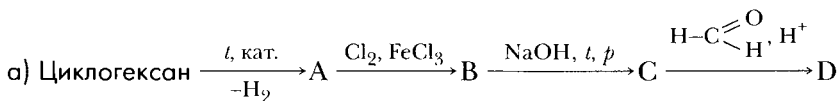
**7-52.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

- а) Бензол  $\rightarrow$  Бромбензол  $\rightarrow$  Фенол  $\rightarrow$  Фенолят натрия;  
 б) Ацетилен  $\rightarrow$  Бензол  $\rightarrow$  Хлорбензол  $\rightarrow$  Фенол  $\rightarrow$  Фенолят калия;  
 в) Метан  $\rightarrow$  Ацетилен  $\rightarrow$  Бензол  $\rightarrow$  Хлорбензол  $\rightarrow$  Фенол  $\rightarrow$  2,4,6-Трибромфенол;  
 г) *n*-Гептан  $\rightarrow$  Тoluол  $\rightarrow$  *o*-Бромтолуол  $\rightarrow$  *o*-Крезол (2-метилфенол);  
 д) Бензол  $\rightarrow$  Изопропилбензол (кумол)  $\rightarrow$  Гидропероксид кумола  $\rightarrow$  Фенол  $\rightarrow$  *n*-Нитрофенол;

е) Бензол → Бензолсульфо­кис­ло­та → Нат­ри­е­вая соль бен­зол­суль­фо­кис­ло­ты →  
→ Фенол → 4-Гидроксибен­зол­суль­фо­кис­ло­та.

Обозначьте условия проведения реакций, напишите названия реакций.

**7-53.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:



### Примечание к заданию 7–53

В примере (б) требуется получить салициловую кислоту, из которой синтезируют аспирин. Для получения салициловой кислоты используется реакция *Кольбе — Шмидта*, в которой при взаимодействии фенолята натрия с диоксидом углерода (при нагревании и под давлением) образуется салицилат натрия. В молекуле салициловой кислоты гидроксильная и карбоксильная группы находятся в *орто*-положении.

**7-54.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтез:

- фенолформальдегидной смолы из метана;
- дифенилового эфира из циклогексана;
- циклогексана из фенола;
- салициловой кислоты (*о*-гидроксибензойной кислоты) из ацетилена;
- пикриновой кислоты из бензола.

Напишите названия образующихся веществ и названия реакций. Укажите условия осуществления реакций.

**7-55.** В двух склянках без этикеток находятся бензиловый спирт и водный раствор фенола. Как химическим путем определить, какое вещество находится в каждой из склянок?

- 7-56.** В четырех склянках без этикеток находятся следующие вещества: *n*-гексан, глицерин, водный раствор фенола, водный раствор этилена. Как химическим путем определить, какое вещество находится в каждой из склянок?
- 7-57.** В четырех склянках без этикеток находятся следующие вещества: водный раствор фенола, гексин-1, гексен-1, этанол. Как химическим путем определить, какое вещество находится в каждой из склянок?
- 7-58.** В четырех склянках без этикеток находятся следующие вещества: водный раствор фенола, пропанол-1, этиленгликоль, циклогексан. Как химическим путем определить, какое вещество находится в каждой из склянок?

### Расчетные задачи

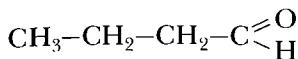
- 7-59.** Массовая доля фенола в насыщенном водном растворе при 15 °С составляет 8,2%. Какая масса фенола потребуется для приготовления 200 г насыщенного водного раствора фенола?
- 7-60.** Растворимость трехатомного фенола пирогаллола при 25 °С в этаноле составляет 100 г в 100 мл этанола, а в воде — 62,5 г в 100 мл воды. Вычислите массовую долю пирогаллола в насыщенных спиртовом и водном растворах. Плотность этанола составляет 0,8 г/см<sup>3</sup>, а воды — 1 г/см<sup>3</sup>.
- 7-61.** Вычислите массу осадка 2,4,6-трибромфенола, который образуется, если раствор, в котором содержится 4,7 г фенола, обработали бромной водой.
- 7-62.** В результате взаимодействия раствора фенола массой 75,2 г с бромной водой образовался осадок 2,4,6-трибромфенола массой 13,24 г. Вычислите массовую долю фенола в исходном растворе.
- 7-63.** Какой объем 10%-го раствора гидроксида натрия потребуется для взаимодействия с фенолом массой 18,8 г? (Плотность раствора гидроксида натрия составляет 1,1 г/см<sup>3</sup>).
- 7-64.** Порцию раствора фенола в толуоле массой 20 г обработали избытком натрия. В результате реакции образовался газ объемом 672 мл (н. у.). Вычислите массовую долю фенола в растворе толуола.
- 7-65.** Кумольный способ производства фенола включает в себя две стадии: кумол окисляют кислородом воздуха в гидропероксид кумола, который затем обрабатывают разбавленной серной кислотой. Практический выход гидропероксида кумола составляет 89% от теоретически возможного, а выход фенола на второй стадии — 70%. Запишите уравнения соответствующих реакций и рассчитайте, какое количество вещества кумола потребуется для получения 1 моль фенола?
- 7-66.** При нитровании фенола 20%-м раствором азотной кислоты при 0–5 °С образовалась смесь *o*- и *n*-нитрофенолов. Вычислите выход *o*- и *n*-нитрофе-

нола, если в результате нитрования фенола массой 18,8 г образуется 11,2 г *o*-изомера и 3,336 г *n*-изомера.

- 7–67.** После гидрирования *n*-крезола массой 21,6 г образовалась смесь *n*-крезола и продукта реакции. Для реакции с этой смесью потребовался 10%-й раствор гидроксида натрия массой 40 г. Вычислите массовую долю фенола, вступившего в реакцию гидрирования.
- 7–68.** Порцию смеси фенола и гидрохинона массой 21,6 г растворили в бензоле. Раствор обработали избытком натрия. В результате реакции образовался газ объемом 3,92 л (н. у.). Вычислите массовые доли фенола и гидрохинона в исходной смеси.
- 7–69.** Смесь фенола и пирокатехина массой 20,4 г была обработана избытком гидроксида калия. В результате образовалась смесь фенолятов массой 31,8 г. Вычислите массовую долю пирокатехина в исходной смеси.
- 7–70.** В результате гидрирования смеси фенола и резорцина массой 29,8 г образовалась смесь спиртов массой 31,6 г. Вычислите массовую долю резорцина в исходной смеси.

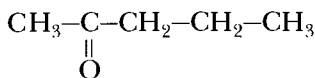


**Альдегиды** – органические вещества, в молекулах которых **карбонильная группа**  $\text{C}=\text{O}$  находится на конце углеродной цепи. Например:



бутаналь

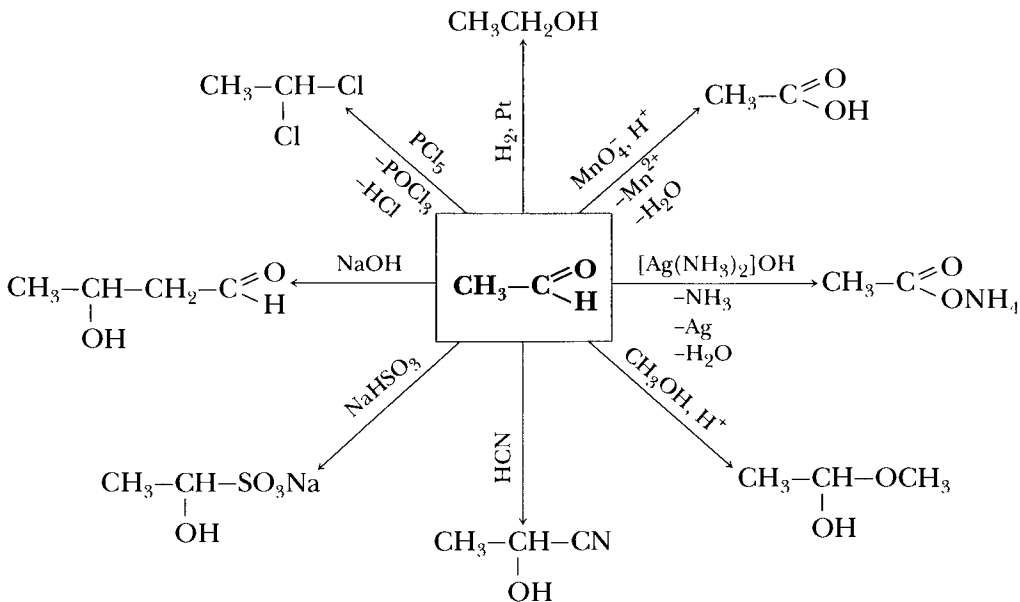
**Кетоны** – органические вещества, в молекулах которых **карбонильная группа** находится внутри углеродной цепи. Например,



пентанон-2

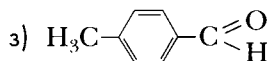
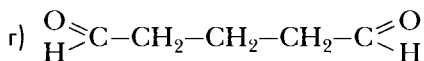
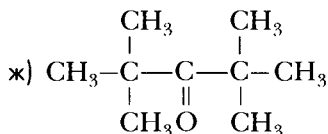
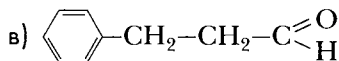
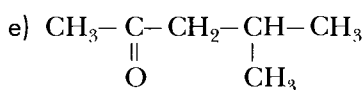
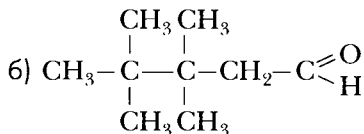
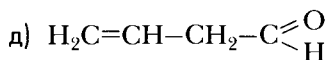
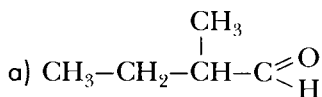
На схеме 9 представлены химические свойства альдегидов.

*Схема 9. Химические свойства альдегидов на примере ацетальдегида*



## Вопросы и задания

- 8-1. Составьте формулы двух изомеров, соответствующих молекулярной формуле: а)  $C_3H_6O$ , б)  $C_4H_8O$ . Дайте им названия. К каким классам органических веществ они относятся?
- 8-2. Составьте формулы трех изомерных альдегидов, соответствующих молекулярной формуле  $C_5H_{10}O$ . Дайте им названия.
- 8-3. Составьте формулы трех изомерных альдегидов, соответствующих молекулярной формуле  $C_4H_7O$ . Назовите эти альдегиды.
- 8-4. Дайте названия веществам, формулы которых приведены ниже, по заместительной номенклатуре:



- 8-5. В парфюмерии используются некоторые альдегиды и кетоны. По систематическим названиям таких альдегидов составьте их структурные формулы:
- а) нонаналь (бесцветная или слегка желтоватая жидкость с пронзительным сладковатым запахом жира приобретает при большом разведении аромат розы и апельсина);
- б) 2,2,5-триметилгексен-4-аль (бесцветная жидкость с интенсивным запахом травы и свежей зелени);
- в) 2-бутил-2-этил-5-метилгексен-4-аль (желтая жидкость с сильным ароматом ириса с оттенком запаха жира);
- г) 2,2,5,9-тетраметилдекадиен-4,8-аль (бесцветная или слегка желтоватая жидкость с сильным ароматом цветов и свежей зелени):

д) бутандион-2,3 (диацетил, желто-зеленая жидкость с сильным запахом топленого масла);

е) 4,6,6-триметилгептен-3-он-2 (бесцветная или слегка желтоватая жидкость с фруктовым ароматом с оттенком запаха древесины).

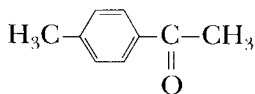
**8–6.** Ниже приведены названия некоторых альдегидов, используемых в парфюмерии, по систематической номенклатуре и даны их тривиальные названия. Составьте формулы этих альдегидов.

Название по систематической номенклатуре	Тривиальное название	Характер запаха
Фенилэтаналь	Фенилацетальдегид	Запах гиацинта
<i>n</i> -Метоксибензальдегид	Анисовый альдегид	Запах цветов боярышника
3-Метокси-4-гидроксибензальдегид	Ванилин	Запах ванили
3-Фенилпропен-2-аль	Коричный альдегид	Запах корицы
2-Пентил-3-фенилпропен-2-аль	Жасминальдегид	Запах жасмина

**8–7.** Составьте структурную формулу 2-метилпропаналя. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех изомеров, один из которых принадлежит к другому классу органических веществ. Дайте названия изомерам.

**8–8.** Составьте структурную формулу 2,3-диметилпентанала. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех изомеров, один из которых принадлежит к другому классу органических веществ. Назовите изомеры.

**8–9.** Для отдушек мыла используется *n*-метилацетофенон — жидкость с сильным цветочно-фруктовым запахом, которая при разбавлении напоминает аромат черемухи:



Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте структурные формулы трех изомеров, один из которых принадлежит к другому классу органических веществ.

**8-10.** Напишите уравнения реакций гидрирования, окисления аммиачным раствором оксида серебра (*реактивом Толленса*) и гидроксидом меди (II): а) пропаналя, б) 2-метилпропаналя. Назовите продукты этих реакций, обозначьте условия их осуществления.

**8-11.** Из приведенного ниже списка веществ выберите реагент, с помощью которого можно осуществить превращения:

- а) этанола в этаналь;
- б) этаналь в этанол;
- в) этаналь в уксусную кислоту;
- г) ацетилен в этаналь.

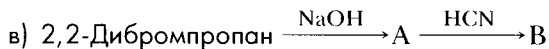
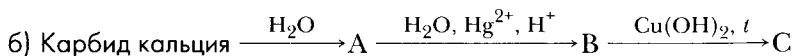
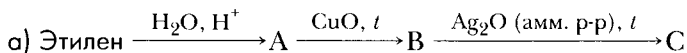
Реагенты: водород, вода, оксид меди (II), перманганат калия.  
Составьте схемы реакций, укажите условия их осуществления.

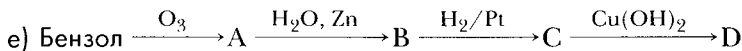
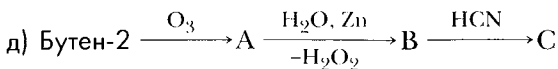
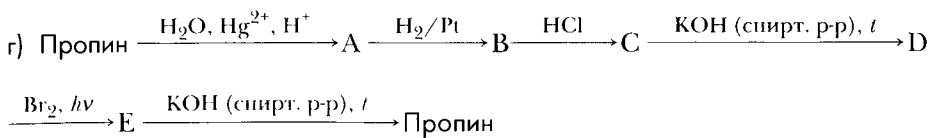
**8-12.** Составьте схемы электронного баланса для реакций, приведенных в предыдущей задаче, и докажите, что они относятся к окислительно-восстановительным.

**8-13.** Напишите уравнения реакций, в ходе которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

- а) Метан → Метилхлорид → Метанол → Метаналь → Метановая (муравьиная) кислота;
  - б) Оксид углерода (III) → Метанол → Метаналь → Метанол → Метановая (муравьиная) кислота;
  - в) Ацетилен → Этилен → Этанол → Этаналь → Этановая (уксусная) кислота;
  - г) Метан → Ацетилен → Уксусный альдегид → Этиловый спирт → Уксусная кислота;
  - д) Этилен → Этанол → Этаналь → β-Гидроксипропаналь → Бутен-2-аль;
  - е) Ацетилен → Ацетальдегид → 1-Этоксиэтанол → 1,2-Диэтоксиэтан;
  - ж) Этан → Бромэтан → Этанол → Уксусный альдегид → α-Оксипропаннитрил.
- Обозначьте условия осуществления данных реакций.

**8-14.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:





**8-15.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтезы:

- а) Карбид кальция  $\rightarrow$  Ацетальдегид;
- б) Оксид углерода (II)  $\rightarrow$  Формальдегид;
- в) Ацетилен  $\rightarrow$  Бензальдегид;
- г) Этилен  $\rightarrow$  Бутанол-1;
- д) Бутен-2  $\rightarrow$   $\alpha$ -Оксипропаннитрил;
- е) Метан  $\rightarrow$  Ацетон;
- ж) Уголь  $\rightarrow$  Ацетофенон (метилфенилкетон).

Обозначьте условия осуществления реакций.

**8-16.** Из перечня веществ выберите те, которые вступают в *реакцию серебряного зеркала*: этанол, ацетальдегид, формальдегид, ацетон, бензол. Напишите уравнения реакций.

**8-17.** В двух склянках без этикеток находятся этиленгликоль и уксусный альдегид. Как, используя только растворы сульфата меди (II) и гидроксида натрия, определить, какое вещество находится в каждой из склянок?

**8-18.** В четырех склянках без этикеток находятся следующие вещества: формалин, водный раствор этилена, этанол, циклогексан. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Запишите уравнения соответствующих реакций.

**8-19.** В четырех склянках без этикеток находятся следующие вещества: этаналь, глицерин, *n*-гептан, метанол. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Запишите уравнения реакций.

**8-20.** В четырех склянках без этикеток находятся следующие вещества: формалин, бутилбромид, этиленгликоль, ацетон, этанол. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Составьте уравнения соответствующих реакций.

**8-21.** С какими из перечисленных ниже веществ взаимодействует ацетальдегид: водород, циановодород, бромид калия, гидроксид калия, хлор, гидроксид

диамминсеребра, гидроксид меди (II)? Напишите уравнения возможных реакций, укажите условия их осуществления.

**8–22.** С какими из перечисленных ниже веществ взаимодействует бензальдегид: кислород, водород, циановодород, бром, гидроксид диамминсеребра, гидроксид меди (II)? Напишите уравнения возможных реакций, укажите условия их осуществления.

**8–23.** Подберите алкины, при гидратации которых образуются следующие кетоны:

- а) пропанон;
- б) 3-метилбутанон-2;
- в) пентанон-3;
- г) 2-метилпентанон-3;
- д) метилфенилкетон (ацетофенон).

Напишите уравнения соответствующих реакций.

**8–24.** Какие вещества образуются в результате окисления следующих веществ: а) пропаналя, б) пропанона, в) 2-метилбутанона, г) пентанона-3? Напишите уравнения соответствующих реакций, обозначьте условия их осуществления.

**8–25.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует гидроксид меди (II): глицерин, формальдегид, *n*-гексан, уксусная кислота, этилен? Напишите уравнения соответствующих реакций, обозначьте условия их осуществления.

**8–26.** Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: бензальдегид, этанол, перманганат калия, водород. Обозначьте условия осуществления реакций и назовите их продукты.

**8–27.** Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: уксусный альдегид, метанол, аммиачный раствор оксида серебра, хлорид натрия, водород, кислород. Отметьте условия осуществления реакций.

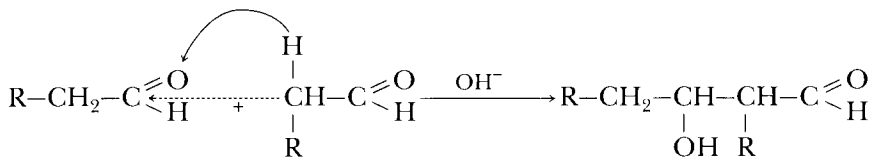
**8–28.** В концентрированном растворе щелочи альдегиды, в молекулах которых отсутствуют атомы водорода, соединенные с  $\alpha$ -углеродными, вступают в окислительно-восстановительную реакцию диспропорционирования (*реакция Каннищаро*). В результате реакции образуются соответствующий альдегиду спирт и соль карбоновой кислоты. Составьте уравнения реакции диспропорционирования в водном растворе щелочи следующих альдегидов: а) 2,2-диметилпропаналя, б) бензальдегида.

**8–29.** Расположите вещества в ряд по возрастанию склонности к нуклеофильному присоединению:

- а) бутаналь, бутанон-2, формальдегид, гептанон-4, 2,4-диметилпентанон-3, этаналь;
- б) пентаналь, бутаналь,  $\beta$ -хлорбутаналь,  $\gamma$ -хлорбутаналь, бутанон-2.

Составьте их структурные формулы, обозначьте в них смещение электронной плотности, частичные положительный и отрицательный заряды.

**8-30.** Альдегиды, в молекулах которых имеется атом водорода, соединенный с  $\alpha$ -углеродным атомом, способны в щелочной среде вступать в реакции *альдольной конденсации* по схеме:



В результате конденсации двух молекул альдегида образуется молекула альдоля (альдегидспирта). Составьте уравнение реакции альдольной конденсации: а) этаналь, б) пропаналь. Назовите продукты этих реакций.

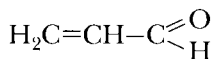
**8-31.** Какие карбонильные соединения образуются в результате озонирования алкенов:

- а) пропена;
- б) пентена-2;
- в) 2,3-диметилпентена-2;
- г) 2,5-диметилгексена-3;
- д) 3-метилциклогексена;
- е) гептадиена-2,5?

Напишите уравнения соответствующих реакций.

**8-32.** В результате озонирования некоторых алкенов образовались следующие вещества: а) только этаналь, б) этаналь и 2-метилпропаналь, в) этаналь и пропанон, г) пропанон и бутанон-2. Установите, какие алкены вступили в реакцию озонирования. Составьте уравнения этих реакций.

**8-33.** Акролеин — представитель непредельных альдегидов, его формула:



Составьте уравнения реакций акролеина с водородом, хлороводородом, раствором перманганата калия, аммиачным раствором оксида серебра. Почему присоединение хлороводорода к акролеину происходит против *правила Марковникова*?

### Расчетные задачи

**8-34.** Составьте структурную формулу альдегида, в котором массовые доли углерода — 54,55 %, водорода — 9,09 %, кислорода — 36,36 %. Назовите найденное вещество.

- 8–35. Составьте структурные формулы веществ, в которых массовая доля углерода — 66,67%, водорода — 11,11%, кислорода — 22,22%. Дайте названия найденным веществам.
- 8–36. Порцию уксусного альдегида массой 2,2 г обработали аммиачным раствором оксида серебра. Вычислите массу образовавшегося серебра.
- 8–37. Формальдегид массой 2,4 г обработали аммиачным раствором оксида серебра. Какая масса серебра может быть восстановлена в результате реакции?
- 8–38. Один из способов производства формальдегида — окисление метанола избытком воздуха на окисном железо-молибденовом катализаторе состава  $\text{MoO}_3 \cdot \text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$  при 350–430 °С. Вычислите объем метанола, который потребуется для того, чтобы получить 1 м<sup>3</sup> формальдегида (н. у.). Выход продукта реакции составляет 96% от теоретически возможного, а плотность метанола составляет 0,72 г/см<sup>3</sup>.
- 8–39. Один из современных промышленных способов производства ацетальдегида — окисление этилена хлоридом палладия в присутствии хлорида меди (II) и кислорода воздуха (*Вакер-процесс*). Вычислите выход ацетальдегида от теоретически возможного, если при окислении 1 кг этилена удается получить 1,54 кг уксусного альдегида.
- 8–40. Смесь уксусного и пропионового альдегидов массой 11,7 г обработали избытком *реактива Толленса*. В результате реакции образовалось серебро массой 54 г. Вычислите массовые доли альдегидов в исходной смеси.
- 8–41. При сгорании органического вещества массой 18 г образовался углекислый газ массой 44 г и вода массой 18 г. Плотность паров органического вещества по метану составляет 4,5. Выведите молекулярную формулу вещества и составьте структурные формулы изомеров, соответствующих условию задачи. Дайте им названия.
- 8–42. При сгорании органического вещества массой 29 г образовался углекислый газ объемом 33,6 л (н. у.) и вода массой 27 г. Пары органического вещества в 2 раза тяжелее воздуха. Выведите молекулярную формулу вещества и составьте структурные формулы соответствующих изомеров. Дайте им названия.
- 8–43. При окислении некоторого альдегида массой 3,52 г аммиачным раствором оксида серебра образовалось серебро массой 17,28 г. Определите, какой альдегид был взят для реакции.
- 8–44. При окислении некоторого альдегида массой 4,35 г аммиачным раствором оксида серебра образовалось серебро массой 32,4 г. Определите, какой альдегид был взят для реакции.
- 8–45. Некоторое органическое вещество массой 4,32 г обработали избытком *реактива Толленса*. В результате реакции образовалось серебро массой



12,96 г. Выведите молекулярную формулу органического вещества и составьте формулы изомеров, отвечающих условию задачи.

**8–46.** Плотность по метану смеси формальдегида и кислорода составляет 1,94. Вычислите мольные доли компонентов в исходной смеси.

**8–47.** Бензофенон (дифенилкетон)  $C_6H_5COC_6H_5$  применяют в парфюмерной промышленности и в производстве красителей. В лаборатории его можно получить окислением спирта бензгидрола  $C_6H_5CH(OH)C_6H_5$ . Составьте уравнение реакции окисления бензгидрола дихроматом калия в присутствии серной кислоты. Вычислите выход бензофенона, если из бензгидрола массой 10 г удается получить приблизительно 9 г продукта.

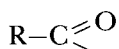
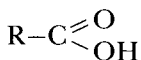
**8–48.** Некоторое карбонильное соединение массой 11,6 г обработали насыщенным раствором гидросульфита натрия. В результате реакции образовался осадок гидросульфитного производного массой 32,4 г. Выведите молекулярную формулу соединения и составьте структурные формулы изомеров, отвечающих условию задачи. Назовите эти соединения.

# Карбоновые кислоты

**Карбоновые кислоты** – органические вещества, в молекулах которых содержится **карбоксильная группа –COOH**.

Общая формула  
карбоновых кислот

Формула  
ацильного радикала



В таблице 4 приведены важнейшие карбоновые кислоты.

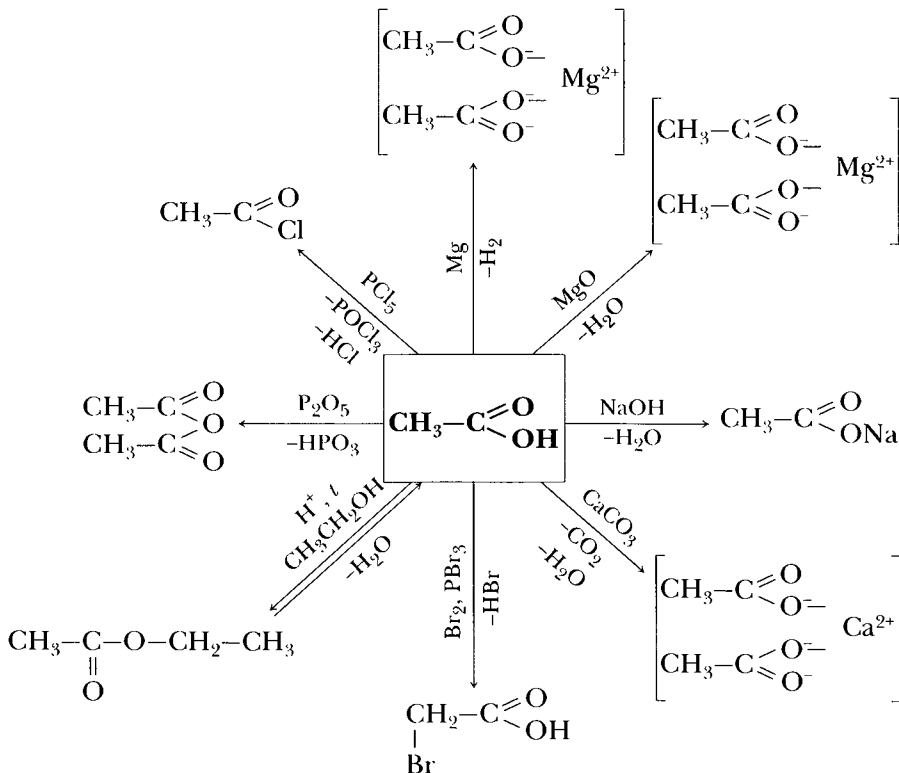
*Таблица 4. Формулы и названия важнейших карбоновых кислот*

Формула	Тривиальное название	Название по номенклатуре IUPAC	Название соли	Название ацильного радикала
1	2	3	4	5
HCOOH	Муравьиная	Метановая	Формиат	Формил
CH <sub>3</sub> COOH	Уксусная	Этановая	Ацетат	Ацетил
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Пропионо- вая	Пропановая	Пропионат	Пропионил
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Масляная	Бутановая	Бутират	Бутирил
CH <sub>3</sub> CH(CH <sub>3</sub> )COOH	Изомасляная	2-Метилпропа- новая	Изобути- рат	Изобутирил
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	Валериано- вая	Пентановая	Валерат	Валерил
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	Капроновая	Гексановая	Капрат	Капроил
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> -COOH	Пальмити- новая	Гексадекановая	Пальмитат	Пальмитоил
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> -COOH	Стеариновая	Октадекановая	Стеарат	Стеароил
CH <sub>2</sub> =CH-COOH	Акриловая	Пропеновая	Акрилат	Акрилоил
CH <sub>2</sub> =C(CH <sub>3</sub> )-COOH	Метакрило- вая	2-Метил- пропеновая	Метакрилат	Метакри- лоил
C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> -COOH	Олеиновая	<i>цис</i> -9-Деце- новая	Олеат	Олеоил

1	2	3	4	5
$C_6H_5-COOH$	Бензойная	Бензойная	Бензоат	Бензоил
$HOOC-COOH$	Щавелевая	Этандиовая	Оксалат	Оксалил
$HOOC-CH_2-COOH$	Малоновая	Пропандиовая	Малонат	Малонил
$HOOC-(CH_2)_2-COOH$	Янтарная	Бутандиовая	Сукцинат	Сукцинил
$CH_3-CH(OH)-COOH$	Молочная	2-Оксипропио- новая	Лактат	Лактоил

На схеме 10 приведены химические свойства карбоновых кислот.

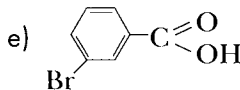
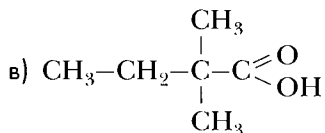
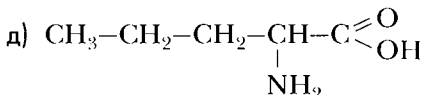
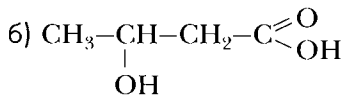
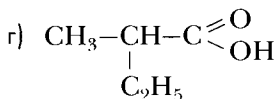
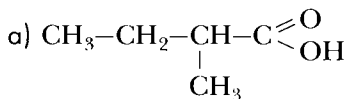
**Схема 10. Химические свойства карбоновых кислот на примере уксусной кислоты**



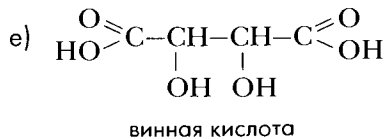
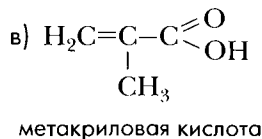
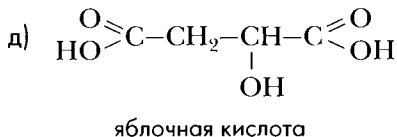
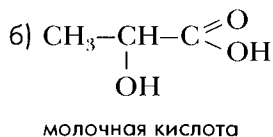
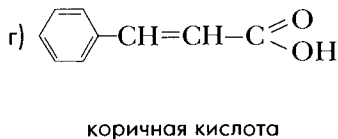
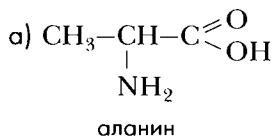
## Вопросы и задания

9-1. Составьте формулы изомерных карбоновых кислот с молекулярной формулой: а)  $C_4H_8O_2$ , б)  $C_5H_{10}O_2$ , в)  $C_3H_5O_2Cl$ . Дайте им названия.

9-2. Ниже приведены формулы карбоновых кислот. Назовите эти кислоты по номенклатуре IUPAC и классифицируйте их.



9-3. Ниже приведены формулы карбоновых кислот и даны их тривиальные названия. Назовите эти кислоты по номенклатуре IUPAC и классифицируйте их.



9-4. Составьте формулу 2,2-диметилпропионовой кислоты. Напишите ее молекулярную формулу и составьте структурные формулы трех ее изомеров, один из которых относится к другому классу органических веществ.

9-5. Расположите перечисленные ниже вещества в порядке возрастания их кислотности:

а) уксусная кислота, хлоруксусная кислота, фторуксусная кислота, бромуксусная кислота;

б) уксусная кислота, трихлоруксусная кислота, дихлоруксусная кислота, хлоруксусная кислота, пропионовая кислота;

в) 2-метилпропионовая кислота, пропионовая кислота, масляная кислота, уксусная кислота, 2-хлорпропионовая кислота;

г) масляная кислота,  $\alpha$ -хлормасляная кислота,  $\beta$ -хлормасляная кислота,  $\gamma$ -хлормасляная кислота, валериановая кислота;

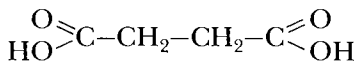
д) пропионовая кислота, 2-метилпропионовая кислота, пропандиовая (малоновая) кислота;

е) бензойная кислота, *m*-нитробензойная кислота, *o*-метилбензойная кислота, 3,5-динитробензойная кислота;

ж) фенол, этанол, уксусная кислота, хлоруксусная кислота, дихлоруксусная кислота.

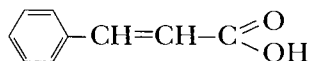
Ответ мотивируйте.

9-6. Напишите уравнения реакций образования ангидридов из соответствующих кислот: а) уксусного, б) пропионового, в) янтарного. Янтарный ангидрид имеет циклическое строение, формула янтарной кислоты:



9-7. Эффективным способом замещения водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме в молекуле карбоновой кислоты является бромирование карбоновых кислот в присутствии красного фосфора (*реакция Гелля — Фольгарда — Зелинского*). Составьте уравнения реакции бромирования: а) уксусной кислоты, б) пропионовой кислоты, в)  $\alpha$ -метилпропионовой кислоты, г) масляной кислоты.

9-8. Напишите уравнение реакции декарбоксилирования: а) бензойной кислоты, б) пропионовой кислоты, в) коричной кислоты. Формула коричной кислоты:



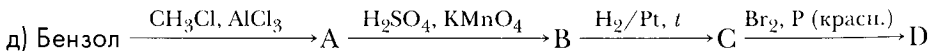
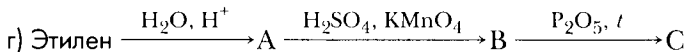
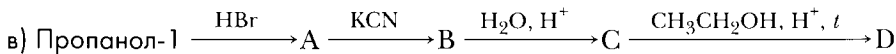
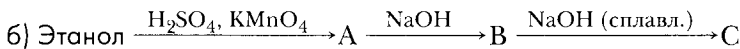
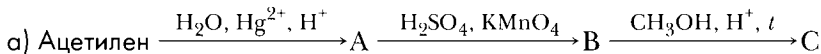
9-9. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Метан  $\rightarrow$  Ацетилен  $\rightarrow$  Уксусный альдегид  $\rightarrow$  Уксусная кислота  $\rightarrow$  Ацетат натрия  $\rightarrow$  Уксусная кислота;

- б) Оксид углерода (III) → Метанол → Муравьиная кислота → Формиат калия → Муравьиная кислота;
- в) Оксид углерода (III) → Формиат калия → Муравьиная кислота → Оксид углерода (II);
- г) Пропанол-1 → Пропионовая кислота → Этиловый эфир пропионовой кислоты;
- д) Карбид кальция → Ацетилен → Этилен → Этанол → Уксусная кислота → α-Бромуксусная кислота → Этиловый эфир α-бромуксусной кислоты;
- е) Карбид алюминия → Метан → Метилхлорид → Метанол → Муравьиный альдегид → Муравьиная кислота → Оксид углерода (IV);
- ж) Этанол → Уксусная кислота → Уксусный ангидрид → Уксусная кислота;
- з) Этан → Этилхлорид → Пропаннитрил → Пропионовая кислота → Пропионат натрия → Этан;
- и) Пропан → Пропен → Аллилхлорид → Пропилхлорид → Пропанол-1 → Пропионовая кислота → Пропионат калия → Этан;
- к) Бензол → Толуол → Бензойная кислота → Бензоат натрия → Бензол;
- л) *n*-Гептан → Толуол → Бензойная кислота → Метилловый эфир бензойной кислоты.

Укажите условия осуществления реакций.

**9-10.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:



**9-11.** С какими из перечисленных далее веществ реагирует уксусная кислота: гидроксид калия, оксид магния, магний, хлор, хлорид натрия, карбонат натрия? Составьте уравнения соответствующих реакций и напишите названия продуктов реакций.

**9-12.** С какими из перечисленных далее веществ реагирует муравьиная кислота: гидроксид лития, оксид натрия, калий, бром, нитрат натрия, сульфид натрия? Составьте уравнения соответствующих реакций и напишите названия продуктов реакций.

**9-13.** С какими из перечисленных далее веществ реагирует уксусная кислота: гидроксид бария, серная концентрированная кислота, цинк, оксид цинка, хлор, карбонат кальция, кислород? Составьте уравнения соответствующих реакций и напишите названия продуктов реакций.

**9-14.** Напишите уравнения реакций, которые могут осуществиться между следующими веществами: муравьиная кислота, метанол, бромоводород, гидроксид натрия.

**9-15.** Напишите уравнения всех возможных реакций, которые могут осуществиться между веществами: уксусная кислота, натрий, этанол, гидроксид натрия. Напишите названия образующихся веществ.

**9-16.** Напишите уравнения реакций, которые могут осуществиться между следующими веществами: пропионовая кислота, бром, магний, бромоводород.

**9-17.** Напишите уравнения всех реакций, которые возможны между следующими веществами: этанол, этан, уксусная кислота, хлороводород, гидроксид натрия. Напишите названия образующихся веществ.

**9-18.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить получение веществ:

- а) метилового эфира уксусной кислоты из угля;
- б) этилового эфира муравьиной кислоты из оксида углерода (II);
- в) уксусного ангидрида из глюкозы;
- г) этилового эфира бензойной кислоты из карбида кальция;
- д)  $\alpha$ -бромпропионовой кислоты из этанола;
- е) трихлоруксусной кислоты из карбида алюминия;
- ж) пропана из бутанола-1;
- з) 1-бромпропана из 1-бромбутана.

Напишите названия реакций и названия веществ, образующихся в ходе превращений. Укажите условия проведения реакций.

**9-19.** В четырех склянках без этикеток находятся: водный раствор муравьиной кислоты, водный раствор уксусного альдегида, глицерин, *n*-гексан. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Составьте уравнения соответствующих реакций, укажите их признаки и условия осуществления.

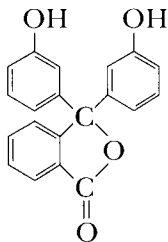
**9-20.** В пяти склянках без этикеток находятся вещества: циклогексан, уксусная кислота, уксусный альдегид, этиленгликоль, водный раствор фенола. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Составьте уравнения соответствующих реакций, укажите их признаки и условия осуществления.

**9-21.** Напишите схему реакции окисления уксусного альдегида: а) водным раствором перманганата калия, б) раствором дихромата натрия в присутствии сер-

ной кислоты. Составьте схему электронного баланса и определите коэффициенты в уравнении реакции.

**9–22.** Составьте формулы трех изомерных ароматических карбоновых кислот состава  $C_6H_4(COOH)_2$ . *Орто*-изомер называется фталевой кислотой, *мета*-изомер — изофталевой кислотой, *пара*-изомер — терефталевой кислотой. Напишите уравнения реакций этерификации этих кислот с метиловым спиртом. Обратите внимание — эфир фталевой кислоты (диметилфталат) используется как репеллент — вещество, отпугивающее насекомых.

**9–23.** *Орто*-изомер ароматической карбоновой кислоты  $C_6H_4(COOH)_2$  называется фталевой кислотой. При  $200\text{ }^\circ\text{C}$  фталевая кислота может подвергаться дегидратации с образованием фталевого ангидрида  $C_6H_4(CO)_2O$ . При конденсации фталевого ангидрида с фенолом образуется фенолфталеин:



фенолфталеин

Составьте уравнения реакций, упомянутых в задании, используя структурные формулы веществ.

### Расчетные задачи

**9–24.** Уксусная эссенция — раствор уксусной кислоты, в котором ее массовая доля 80%. Для приготовления некоторых блюд используется столовый уксус — 9%-й раствор уксусной кислоты. Вычислите, какой объем уксусной эссенции и какой объем воды потребуются для приготовления 200 г столового уксуса. Плотности растворов примите равными  $1\text{ г/см}^3$ .

**9–25.** Смешали два раствора уксусной кислоты: 12%-й раствор массой 300 г и 20%-й раствор массой 200 г. Вычислите массовую долю уксусной кислоты в образовавшемся растворе.

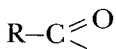
**9–26.** Смешали два раствора: 12%-й раствор уксусной кислоты массой 300 г и 20%-й раствор муравьиной кислоты массой 200 г. Вычислите массовую долю кислот в образовавшемся растворе.

**9–27.** Вычислите массу ацетата натрия, который получится в результате взаимодействия ледяной уксусной кислоты<sup>1</sup> массой 6 г с избытком гидроксида натрия.

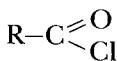
<sup>1</sup> Ледяная уксусная кислота — безводная уксусная кислота, ее температура плавления —  $16,64\text{ }^\circ\text{C}$ . Она застывает при температуре чуть ниже комнатной, поэтому ее называют «ледяной».



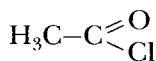
- 9–28. К 10%-му раствору уксусной кислоты массой 200 г добавили 25,5 г уксусного ангидрида. Полученную смесь осторожно нагрели в закрытом сосуде. Вычислите массовую долю уксусной кислоты в растворе, когда весь уксусный ангидрид прореагирует с водой.
- 9–29. Вычислите массу соли, которая образуется при взаимодействии 10%-го раствора уксусной кислоты массой 30 г с гидроксидом натрия массой 1 г.
- 9–30. Вычислите массу соли, которая образуется при взаимодействии 20%-го раствора уксусной кислоты массой 15 г с 10%-м раствором гидроксида калия массой 22,4 г.
- 9–31. Вычислите массу соли, которая образуется в результате взаимодействия 20%-го раствора муравьиной кислоты массой 57,5 г и 10%-го раствора гидроксида калия массой 112 г.
- 9–32. Смешали 15%-й раствор уксусной кислоты массой 48 г и 20%-й раствор гидроксида натрия массой 16 г. Вычислите массовую долю соли в растворе после реакции.
- 9–33. К 20%-му раствору уксусной кислоты массой 75 г добавили оксид магния массой 30 г. Вычислите массовую долю ацетата магния в растворе после реакции.
- 9–34. Порцию оксида цинка массой 32,4 г добавили к 10%-му раствору уксусной кислоты массой 300 г. Вычислите массовую долю ацетата цинка в растворе после реакции.
- 9–35. Для синтеза этилацетата взяли 95%-й раствор этанола объемом 23 мл и ледяную уксусную кислоту массой 21 г. В результате этерификации образовался эфир массой 30,8 г. Вычислите выход эфира от теоретически возможного.
- 9–36. Для ацилирования (введения ацильного радикала) часто используются галогенангидриды карбоновых кислот. Одним из способов получения хлорангидридов является взаимодействие хлоридов фосфора с карбоновыми кислотами. Порция уксусной кислоты массой 30 г была обработана трихлоридом фосфора  $\text{PCl}_3$ . В результате реакции образовался ацетилхлорид массой 23,55 г. Напишите уравнение реакции и вычислите выход ацетилхлорида от теоретически возможного.



радикал ацил-



хлорангидрид  
карбоновой кислоты



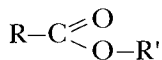
ацетилхлорид

- 9–37. На нейтрализацию 15,2 г смеси муравьиной и уксусной кислот потребовался 10%-й раствор гидроксида натрия массой 120 г. Вычислите массовые доли кислот в исходной смеси.

- 9–38.** На нейтрализацию смеси уксусной и пропионовой кислот массой 67 г был израсходован 20%-й раствор гидроксида калия массой 280 г. Вычислите массовые доли кислот в исходной смеси.
- 9–39.** В ходе сплавления со щелочью натриевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты массой 11 г образовался газ объемом 2,24 л (н. у.). Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты, соль которой использовали для реакции. Составьте структурные формулы ее изомеров, дайте им названия. Составьте уравнения реакции декарбоксилирования с участием карбоновых кислот, формулы которых вы составили.
- 9–40.** В ходе щелочного плавления калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты массой 14 г образовался газ объемом 2,8 л (н. у.). Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты, соль которой использовали для реакции. Составьте формулы изомеров, отвечающих условию задачи, дайте им названия. Составьте уравнения реакции декарбоксилирования с участием веществ, формулы которых вы составили.
- 9–41.** В ходе сплавления со щелочью натриевой соли предельной карбоновой кислоты массой 15,2 г образовался углеводород массой 8,6 г. Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты, соль которой использовали для реакции. Составьте структурные формулы нескольких ее изомеров, дайте им названия.

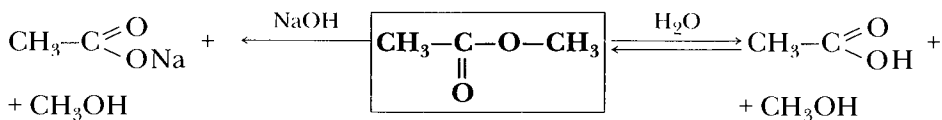
## Сложные эфиры. Жиры

**Сложные эфиры** — функциональные производные карбоновых кислот. Общая формула сложных эфиров:



На схеме 11 представлены химические свойства сложных эфиров.

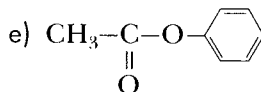
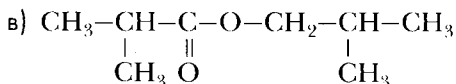
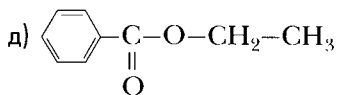
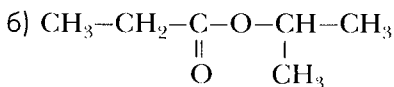
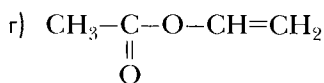
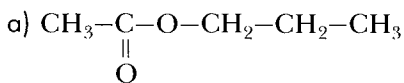
*Схема 11. Химические свойства сложных эфиров на примере метилацетата*



## Вопросы и задания

**10-1.** Составьте формулы нескольких изомерных сложных эфиров состава: а)  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ , б)  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ . Дайте им названия.

**10-2.** Ниже приведены формулы сложных эфиров, дайте им названия:



**10-3.** Составьте структурную формулу эфира этилбутирата. Напишите его молекулярную формулу и составьте структурные формулы трех изомерных эфиров и двух изомерных карбоновых кислот. Назовите эти вещества.

**10-4.** Составьте структурную формулу эфира пропилбензоата. Напишите его молекулярную формулу и составьте структурные формулы трех изомерных эфиров и двух изомерных карбоновых кислот. Назовите вещества, формулы которых вы составили.

**10–5.** Многие сложные эфиры обладают запахом, напоминающим запах цветов или фруктов, поэтому их используют в парфюмерии и в пищевой промышленности для изготовления фруктовых эссенций. Ниже даны названия эфиров и указано, запах каких фруктов или цветов они напоминают. Составьте формулы данных эфиров и напишите уравнения реакций этерификации, в результате которых они получают:

- а) изопентилацетат — запах груш;
- б) этилбутират — запах ананасов;
- в) октилацетат — запах апельсина;
- г) бензилацетат — запах жасмина;
- д) этилбензоат — запах плодов фейхоа;
- е) метилантранилоилат — запах винограда (антраниловая кислота — это *n*-аминобензойная).

**10–6.** Для местной анестезии используют препарат анестезин — этиловый эфир *n*-аминобензойной кислоты. Составьте его формулу.

**10–7.** Температуры кипения сложных эфиров существенно ниже, чем соответствующих изомерных карбоновых кислот. Например, температура кипения этилацетата +77,15 °С, а масляной кислоты +163,5 °С. Почему? Дайте обоснованный ответ.

**10–8.** Составьте уравнения реакций водного и щелочного гидролиза: а) этилпропионата, б) метилацетата, в) изопропилбутирата. В каких случаях гидролиз происходит необратимо?

**10–9.** Напишите уравнения нескольких реакций ацилирования, с помощью которых можно получить этилацетат из этанола. Назовите ацилирующий реагент и укажите класс, к которому он относится.

**10–10.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить следующие вещества:

- а) метилформиат из метана;
- б) этилацетат из метанола;
- в) метилпропионат из этанола;
- г) бензилацетат из угля;
- д) *втор*-бутилбутират из ацетальдегида;
- е) пропилпропионат из пропена;
- ж) циклогексилбензоат из бензола;
- з) трибутират глицерина из ацетилена.

Напишите названия реакций и названия веществ, образующихся в ходе превращений. Укажите условия проведения реакций.

**10–11.** Одним из препаратов, применяемых для лечения чесотки и педикулеза, является бензиловый эфир бензойной кислоты. Составьте формулу этого вещества и предложите метод его синтеза из бензола.

**10–12.** Составьте структурные формулы жиров:

- а) тристеарата;
- б) триолеата;
- в) трипальмитата;
- г) стеародипальмитата;
- д) олеодистеарата.

**10–13.** Составьте уравнения реакций с участием жиров:

- а) взаимодействия тристеарата с раствором гидроксида натрия;
- б) гидрирования триолеата;
- в) водного гидролиза трипальмитата;
- г) бромирования триолеата;
- д) гидрирования олеодистеарата.

Какие из этих реакций имеют промышленное значение? Ответ обоснуйте.

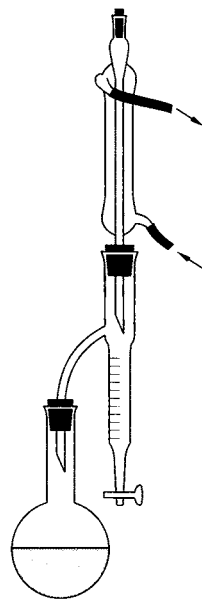
### Расчетные задачи

**10–14.** Вычислите массу эфира, который образуется при взаимодействии абсолютного этилового спирта массой 18,4 г с ледяной уксусной кислотой массой 18 г. Выход эфира примите равным 70 % от теоретически возможного.

**10–15.** В колбу (рис. 2) поместили изопентильовый (изоамиловый) спирт массой 22 г, добавили ледяную уксусную кислоту массой 18 г и 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Колбу соединили с обратным холодильником через специальную насадку (см. рис. 2) и нагрели на песчаной бане. В результате реакции образовался сложный эфир, который отделили, промыли дистиллированной водой и просушили. Вычислите массу продукта реакции, если выход эфира при данных условиях синтеза составляет 80 % от теоретически возможного.

**10–16.** Вычислите массу эфира, образующегося при взаимодействии абсолютного этанола массой 11,5 г с хлоруксусной кислотой массой 18,9 г, если выход продукта реакции составляет 70 % от теоретически возможного.

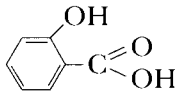
**10–17.** Диэтиловый эфир щавелевой кислоты (диэтилоксалат) — бесцветная жидкость со слабым запахом, применяется как растворитель эфиров целлюлозы. Вычислите выход диэтилокса-



**Рис. 2.** Установка для синтеза эфира

лата, если в результате взаимодействия безводной щавелевой кислоты массой 30 г и этанола объемом 46 мл (плотность этанола составляет 0,8 г/см<sup>3</sup>) образуется 24,09 г эфира.

- 10–18.** При ацилировании салициловой кислоты (ее формула приведена ниже) уксусным ангидридом образуется ацетилсалициловая кислота, известная как лекарственное вещество *аспирин*. Вычислите, какая масса салициловой кислоты и какая масса уксусного ангидрида потребуются для получения 16 г аспирина, если его практический выход в реакции ацилирования составит 95 % от теоретически возможного. Условимся, что салициловую кислоту и уксусный ангидрид берут в стехиометрическом соотношении.



салициловая кислота

- 10–19.** Для синтеза этилбензоата использовали бензойную кислоту массой 12,2 г и 96%-й этанол объемом 36 мл (плотность этанола составляет 0,8 г/см<sup>3</sup>). В результате синтеза удалось получить эфир массой 10 г. Вычислите выход эфира от теоретически возможного.
- 10–20.** При сгорании сложного эфира массой 18,5 г образовался углекислый газ массой 33 г и вода массой 13,5 г. Плотность паров органического вещества по водороду составляет 37. Выведите молекулярную формулу вещества и составьте структурные формулы изомеров, соответствующих условию задачи. Дайте им названия.
- 10–21.** При сгорании органического вещества массой 8,8 г образовался углекислый газ объемом 8,96 л (н. у.) и вода массой 7,2 г. Пары этого вещества в 2 раза тяжелее углекислого газа. В результате гидролиза этого вещества образуются спирт и карбоновая кислота. Выведите молекулярную формулу вещества и составьте структурные формулы изомеров, соответствующих условию задачи. Дайте им названия.

# Глава 11

## Амины

**Амины** – производные аммиака, в которых один или несколько атомов водорода замещены органическими радикалами. **Аминогруппа** –NH<sub>2</sub>.



первичные амины



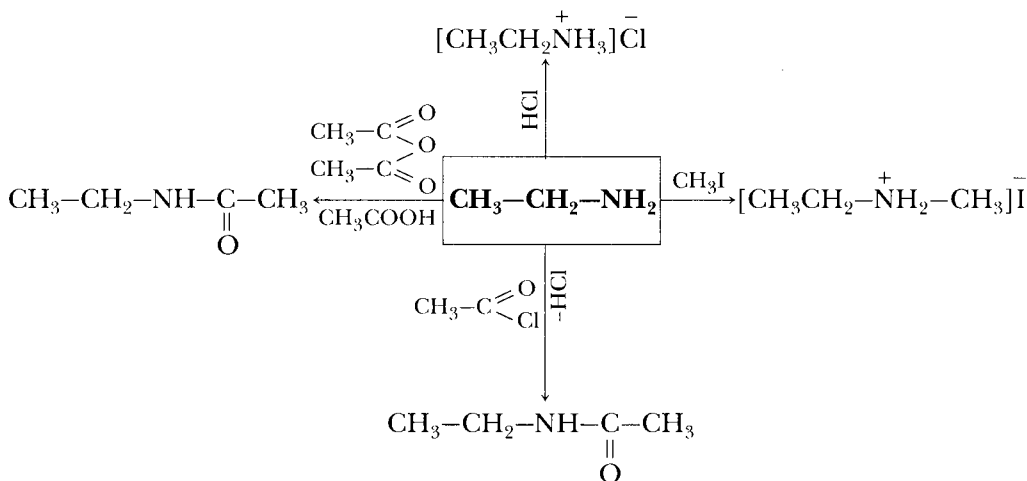
вторичные амины



третичные амины

На схеме 12 представлены химические свойства аминов.

**Схема 12.** Химические свойства аминов на примере этиламина



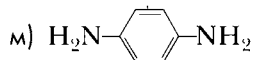
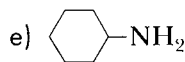
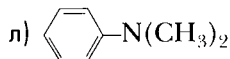
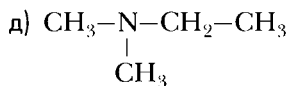
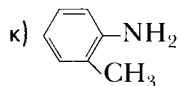
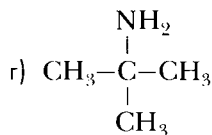
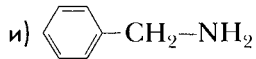
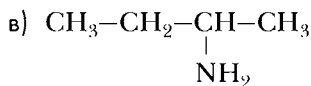
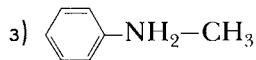
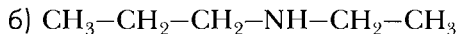
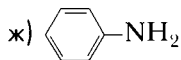
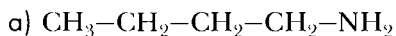
### Вопросы и задания

11-1. Составьте формулы следующих аминов:

- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| а) диметиламин;             | з) бензиламин;           |
| б) метилэтиламин;           | и) метил-втор-бутиламин; |
| в) изобутиламин;            | к) циклогексилфениламин; |
| г) фениламин (анилин);      | л) α-нафтиламин;         |
| д) пропилизопропиламин;     | м) о-этиланилин;         |
| е) пропилбутилвиниламин;    | н) этилендиамин;         |
| ж) изобутил-трет-бутиламин; | о) м-фенилендиамин.      |

Определите, к какому типу аминов (первичные, вторичные, третичные) относится каждое из названных здесь веществ.

**11-2.** Назовите амины, формулы которых приведены ниже:

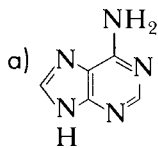


Определите, к какому типу аминов (первичные, вторичные, третичные) относится каждое из представленных здесь веществ. Среди этих аминов найдите изомеры.

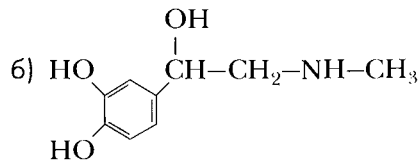
**11-3.** Расположите следующие вещества по возрастанию основности: аммиак, анилин, метилфениламин, этиламин, бутиламин, изобутиламин, *m*-нитроанилин. Ответ мотивируйте.

**11-4.** Расположите следующие вещества по возрастанию основности: аммиак, *n*-толуидин (*n*-метиланилин), пропиламин, бутиламин, *n*-аминобензойная кислота (ПАБК). Ответ мотивируйте.

**11-5.** Рассмотрите формулы веществ, представленные ниже:

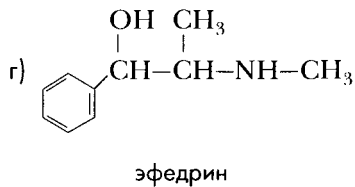
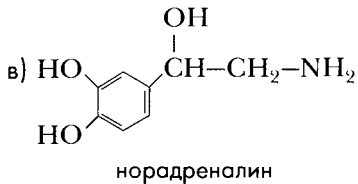


аденин



адреналин





Эти вещества имеют важное биологическое значение или являются лекарственными средствами. Выясните, используя различные источники информации, какова роль каждого из этих веществ в организме. Определите, какие из них можно отнести к первичным, вторичным и третичным аминам.

**11–6.** Ниже приведены значения температуры кипения трех изомерных аминов:

триметиламин +3 °С;  
 пропиламин +48 °С;  
 изопропиламин +32 °С.

Объясните, почему температура кипения триметиламина существенно ниже, чем у изомерных ему пропиламина и изопропиламина?

**11–7.** В трех склянках без этикеток находятся: анилин, раствор фенола, бензол. Как химическим путем можно определить, в какой из склянок находится каждое из веществ? Напишите соответствующие уравнения реакций.

**11–8.** В трех склянках без этикеток находятся: анилин, глицерин, циклогексан. Как химическим путем можно определить, в какой из склянок находится каждое из веществ? Напишите соответствующие уравнения реакций.

**11–9.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует метиламин: водород, хлороводород, уксусный ангидрид, уксусная кислота, аммиак, кислород? Напишите уравнения осуществимых реакций, укажите условия их проведения.

**11–10.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует анилин: аммиак, соляная кислота, водород, метилиодид, уксусный ангидрид, муравьиная кислота, бромная вода? Напишите уравнения осуществимых реакций, укажите условия их проведения. Назовите продукты реакций.

**11–11.** Как компонент парфюмерных композиций и пищевых эссенций используется метилантранилат (метильный эфир антраниловой кислоты) — бесцветные или слегка желтоватые кристаллы с запахом цветов апельсина. Составьте формулу этого вещества. (Другое название антраниловой кислоты — *o*-аминобензойная). К какому типу аминов можно отнести метилантранилат? Будет ли метилантранилат реагировать: а) с соляной кислотой, б) с гидроксидом натрия? Составьте соответствующие уравнения реакций.

**11–12.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Метилбромид → Бромид метиламмония → Метиламин → Бромид диметиламмония → Диметиламин → Бромид триметиламмония → Триметиламин → Бромид триметиламмония;

б) Бензол → Нитробензол → Анилин → Хлорид фениламмония.

Укажите условия осуществления реакций.

**11–13.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить вещества:

а) триметиламин из оксида углерода (II);

б) хлорид этиламмония из глюкозы;

в) бромид диметиламмония из этанола;

г) анилин из ацетилена;

д) 2,4,6-триброманилин из ацетилена;

е) ацетанилид из карбида кальция;

ж) N,N-диметиланилин из метана;

з) *n*-толуидин из бензола.

Укажите условия проводимых реакций.

**11–14.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропиламин: а) из пропилахлорида, б) из пропанола-1, в) из пропаннитрила.

## Расчетные задачи

**11–15.** Выведите молекулярную формулу амина, в котором массовая доля углерода — 53,33%, азота — 31,11%, водорода — 15,56%. Составьте структурные формулы возможных изомеров и назовите вещества.

**11–16.** Выведите молекулярную формулу амина, в котором массовая доля углерода — 77,42%, азота — 15,05%, водорода — 7,53%. Составьте структурные формулы четырех возможных изомеров и назовите их по радикально-функциональной и по заместительной номенклатуре.

**11–17.** Выведите молекулярную формулу амина, в котором массовая доля углерода — 78,50%, азота — 13,08%, водорода — 8,41%. Составьте структурные формулы четырех возможных изомеров и назовите вещества.

**11–18.** Вычислите массу хлорида диметиламмония, который можно получить при взаимодействии 2,7 г диметиламина с соляной кислотой.

**11–19.** Вычислите массу бромиды фениламмония, который можно получить при взаимодействии 18,6 г анилина с бромоводородной кислотой.

**11–20.** Какая масса 12%-го раствора азотной кислоты потребуется для получения нитрата триметиламмония массой 12,1 г из триметиламина?

**11–21.** Этиламин объемом 4,48 л (н. у.) пропустили через 25%-й раствор уксусной кислоты массой 48 г. Вычислите массу образовавшейся соли.

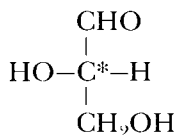
- 11–22.** Вычислите массу нитробензола, необходимую для получения 27,9 г анилина, если выход продукта реакции составляет 80 % от теоретически возможного.
- 11–23.** Для идентификации вторичных аминов используется азотистая кислота  $\text{HNO}_2$ . В результате ее взаимодействия со вторичным амином образуются нерастворимые маслянистые жидкости или твердые вещества желтого цвета. Вычислите, какая масса N-нитрозодиметиламина образуется при взаимодействии диметиламина массой 9 г с азотистой кислотой.
- 11–24.** При полном сгорании амина массой 9 г образовалось 17,6 г углекислого газа, 12,6 г воды, 2,8 г азота. Плотность паров амина по воздуху составляет 1,55. Выведите молекулярную формулу амина. Составьте все возможные структурные формулы аминов и дайте веществам названия.
- 11–25.** При полном сгорании 14,75 г органического вещества образовалось 16,8 л (н. у.) углекислого газа, 20,25 г воды, 2,8 л (н. у.) азота. Плотность паров амина по водороду составляет 29,5. Выведите молекулярную формулу вещества. Какое органическое вещество сожгли?
- 11–26.** При полном сгорании 9,3 г органического вещества образовалось 13,44 л (н. у.) углекислого газа, 6,3 г воды, 1,12 л (н. у.) азота. Плотность паров амина по воздуху составляет 3,21. Выведите молекулярную формулу вещества. Составьте структурную формулу. Какое органическое вещество сожгли?

## Углеводы

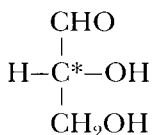
**Углеводы** – органические соединения, в молекулах которых содержится одновременно карбонильная группа и несколько гидроксильных групп.

Углеводы подразделяются на моносахариды, дисахариды и полисахариды.

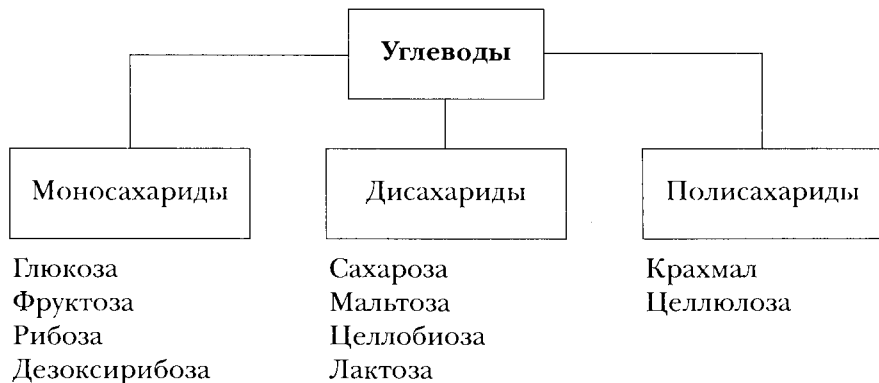
Простейший моносахарид – **глицериновый альдегид**:



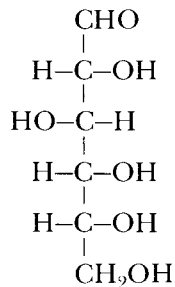
*L*-глицериновый  
альдегид



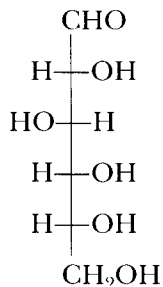
*D*-глицериновый  
альдегид



Молекулярная формула глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Глюкоза является *пятиатомным альдегидспиртом*. Структурная формула *D*-глюкозы:

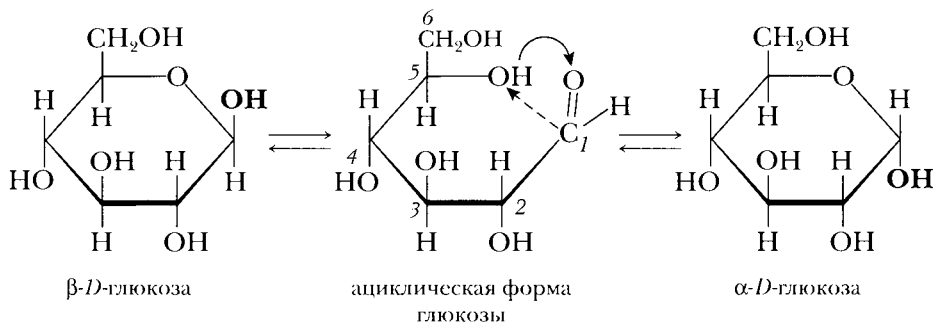


или



Изображаемые таким образом структуры называются **проекционными формулами Фишера**.

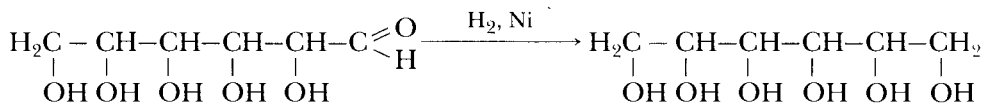
Схема образования циклической формы глюкозы:



В получившейся циклической структуре исходная карбонильная группа «замаскирована», и вместо нее при атоме  $C_1$  образуется новая гидроксильная группа, называемая **полуацетальным**, или **гликозидным гидроксилом**. Его реакционная способность по сравнению с другими группами  $-OH$  в молекуле циклической глюкозы наиболее высока.

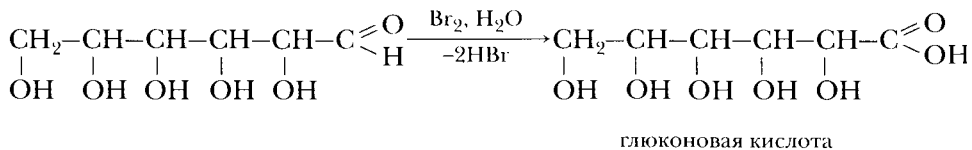
## Химические свойства глюкозы

1. Восстановление:

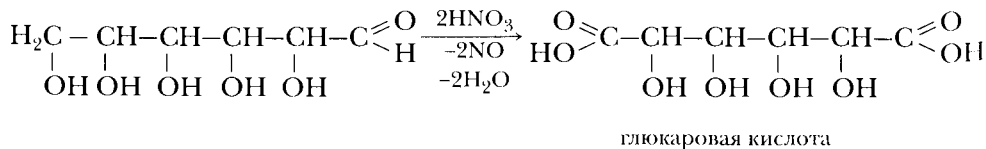


2. Окисление:

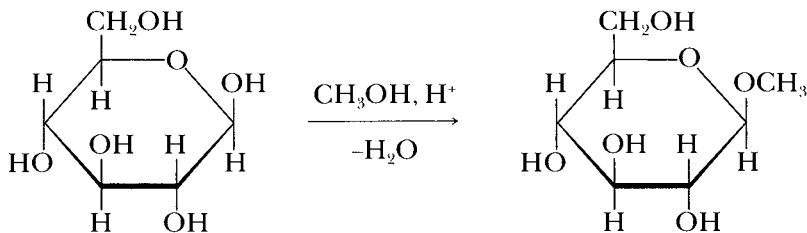
а) окисление глюкозы бромной водой в нейтральной среде:



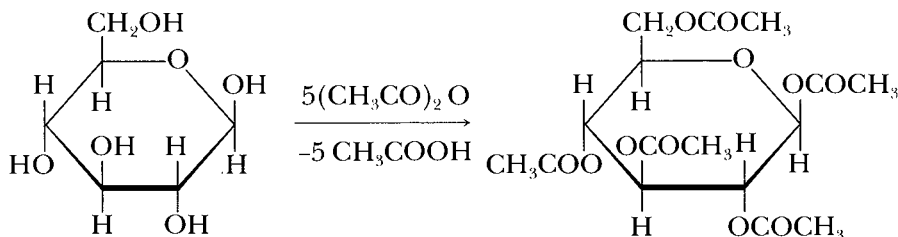
б) окисление разбавленной азотной кислотой:



### 3. Образование глюкозидов:

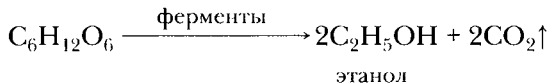


### 4. Образование сложных эфиров:



### 5. Брожение глюкозы:

а) *спиртовое брожение глюкозы* осуществляется под действием дрожжевых ферментов:



б) *молочнокислое брожение глюкозы* происходит под влиянием ферментов молочнокислых бактерий:



## Вопросы и задания

**12-1.** Из перечисленных соединений выберите те, в молекулах которых имеется асимметрический атом углерода: молочная кислота (2-гидроксипропановая), этанол, бутанол-2, бутанол-1, 2-хлорпропановая кислота, 3-хлорпропановая кислота. Составьте структурные формулы этих соединений, отметив знаком (\*) асимметрический атом углерода, запишите формулы энантиомеров в виде тетраэдрических моделей.

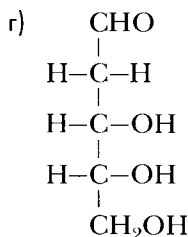
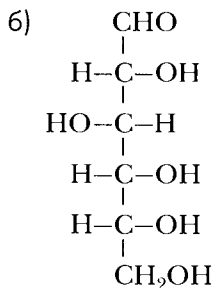
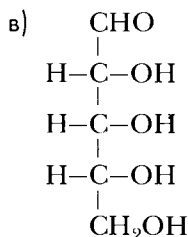
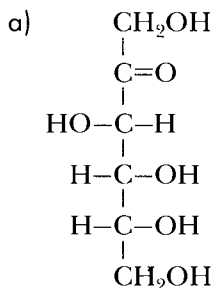
**12-2.** Из перечисленных соединений выберите те, в молекулах которых имеется асимметрический атом углерода: масляная кислота,  $\alpha$ -броммасляная кисло-

та,  $\beta$ -броммасляная кислота,  $\gamma$ -броммасляная кислота,  $\alpha,\alpha$ -диброммасляная кислота. Составьте структурные формулы этих соединений, отметив знаком (\*) асимметрический атом углерода, запишите формулы энантимеров в виде тетраэдрических моделей.

**12-3.** Составьте формулу 2,3,4-тригидроксибутаналь. Можно ли это вещество отнести к классу углеводов? Обозначьте асимметрические углеродные атомы (\*). Составьте проекционные формулы соответствующих стереоизомеров. Обозначьте, какие из стереоизомеров относятся к *D*-, а какие к *L*-ряду.

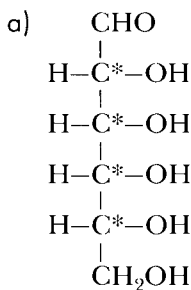
**12-4.** Составьте формулу 1,3,4-тригидроксибутанона-2. Можно ли это вещество отнести к классу углеводов? Обозначьте асимметрические углеродные атомы (\*). Составьте проекционные формулы соответствующих стереоизомеров. Обозначьте, какой из стереоизомеров относится к *D*-, а какой к *L*-ряду.

**12-5.** Ниже изображены формулы наиболее распространенных моносахаридов (проекционные формулы Фишера). Каких?

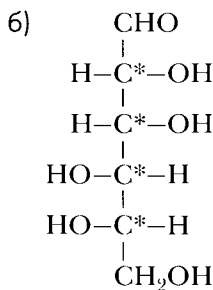


Изобразите формулы этих углеводов в циклической форме (проекционные формулы Хеуорса) в  $\alpha$ - и  $\beta$ -формах. Обозначьте полуацетальный (гликозидный) гидроксил. Какие из этих углеводов относятся к альдозам, а какие к кетозам? Какие являются пентозами, а какие гексозами?

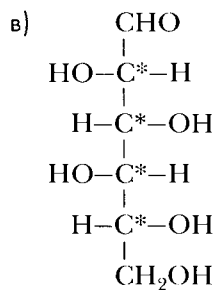
**12-6.** Ниже изображены формулы нескольких углеводов в ациклической форме в проекции Фишера:



*D*-аллоза



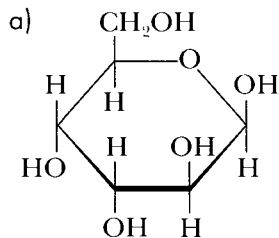
*L*-манноза



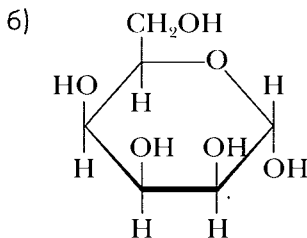
*D*-идоза

Изобразите формулы этих углеводов в циклической форме (*проекционные формулы Хеуорса*) в  $\alpha$ - и  $\beta$ -формах. Обозначьте полуацетальный (гликозидный) гидроксил.

**12-7.** Ниже изображены формулы нескольких углеводов в циклической форме в проекции Хеуорса:



$\beta$ -*D*-альтоза



$\alpha$ -*D*-талоза

Изобразите формулы этих углеводов в ациклической форме (проекционные формулы Фишера).

**12-8.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует глюкоза: аммиачный раствор оксида серебра (*реактив Толленса*), гидроксид меди (II), азот, водород, хлороводород, фуксинсернистая кислота, раствор гидросульфита натрия? Укажите условия осуществимых реакций.

**12-9.** Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: уксусный ангидрид,  $\alpha$ -глюкоза,  $\beta$ -фруктоза, этиловый спирт. Укажите условия осуществления реакций.

**12-10.** В трех склянках без этикеток находятся растворы глюкозы, глицерина и уксусного альдегида. Как с помощью только одного реагента распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Укажите признаки реакций и условия их осуществления.



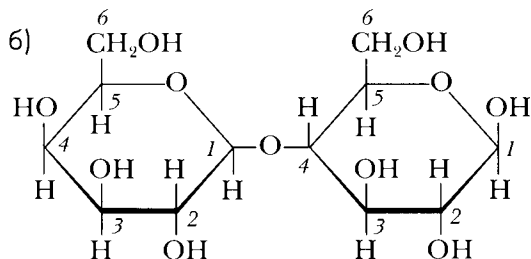
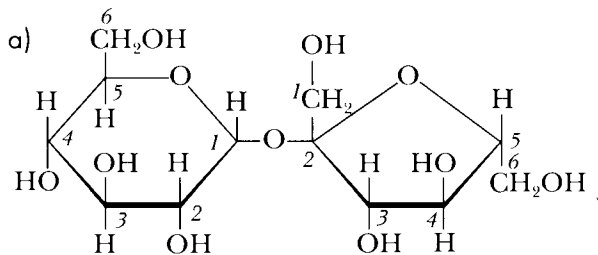
**12-11.** Напишите уравнения следующих реакций:

- а) мягкого окисления глюкозы бромной водой;
- б) каталитического восстановления глюкозы водородом;
- в) молочнокислого брожения *D*-глюкозы;
- г) алкогольного брожения *D*-глюкозы;
- д) алкилирования  $\alpha$ -*D*-глюкозы метиловым спиртом;
- е) ацилирования  $\alpha$ -*D*-глюкозы уксусным ангидридом.

**12-12.** Составьте суммарное уравнение реакций фотосинтеза. В чем значение этого процесса?

**12-13.** По какому принципу дисахариды подразделяются на восстанавливающие и невосстанавливающие? К какому типу дисахаридов относятся: а) сахараза, б) мальтоза, в) целлобиоза?

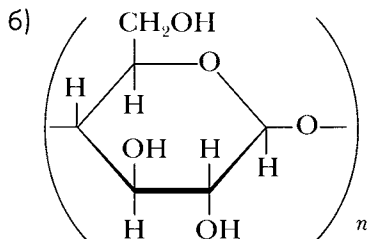
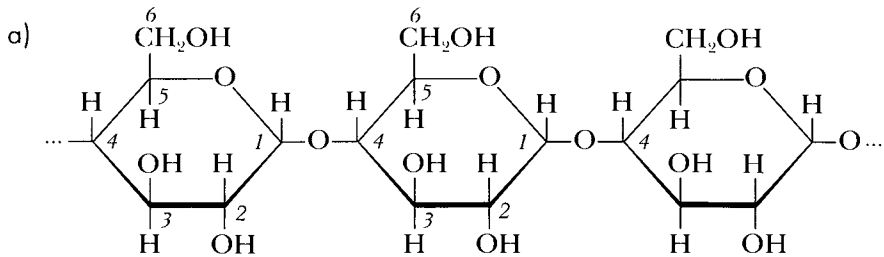
**12-14.** Ниже изображены формулы наиболее распространенных дисахаридов (проеctionные формулы Хеурса). Каких? К какому типу (восстанавливающему, невосстанавливающему) относится каждый из них?



**12-15.** Составьте уравнения реакций гидролиза: а) сахаразы, б) мальтозы, в) целлобиозы.

**12-16.** В чем сходство и отличие целлюлозы и крахмала по составу и строению?

**12-17.** Определите, формулы каких полисахаридов приведены ниже:



**12–18.** Какова роль водородных связей в строении волокон целлюлозы?

**12–19.** Какие материалы получают на основе целлюлозы? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**12–20.** Объясните, чем обусловлена качественная реакция крахмала с иодной водой. Укажите признаки этой реакции.

**12–21.** Напишите уравнения реакций:

- гидролиза крахмала;
- гидролиза целлюлозы;
- нитрования целлюлозы;
- ацилирования целлюлозы уксусным ангидридом.

**12–22.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтез:

- лактата натрия из глюкозы;
- метана из глюкозы;
- пентаацетилглюкозы из целлюлозы;
- $\alpha$ -метилгликозида из крахмала;
- этилового эфира молочной кислоты из крахмала;
- метилового эфира молочной кислоты из целлюлозы;
- 2,4,6-трибромтолуола из целлюлозы;
- сорбита из сахарозы.

Напишите названия реакций и названия веществ, образующихся в ходе превращений. Укажите условия проведения реакций.

## Расчетные задачи

- 12–23.** Выведите молекулярную формулу углевода — альдогексозы, в котором массовая доля углерода составляет 40 %, водорода — 6,7 %, кислорода — 53,3 %. Составьте формулы трех изомеров (в проекциях Фишера), отвечающих условию задачи.
- 12–24.** В некотором углеводе массовая доля углерода составляет 40,27 %, водорода — 6,04 %, кислорода — 53,69 %. Этот углевод имеет огромное биологическое значение. Выведите молекулярную формулу и назовите этот углевод.
- 12–25.** Вычислите массу глюкозы, которая потребуется для получения 100 мл этилового спирта методом алкогольного брожения. Выход спирта примите равным 50 % от теоретически возможного, а плотность этанола — 0,8 г/см<sup>3</sup>.
- 12–26.** Многие углеводы используются в пищу как сладкие вещества. Однако интенсивность вкусовых ощущений, которые они вызывают, различна. В таблице 5 указана относительная сладость важнейших углеводов и их заменителей.

*Таблица 5. Относительная сладость некоторых углеводов*

Вещество	Относительная сладость для одинаковой массы веществ	Качественная оценка
<b>Моносахариды</b>		
Глюкоза	69	Сладкая
Галактоза	63	Сладкая
Фруктоза	120	Очень сладкая
<b>Дисахариды</b>		
Сахароза	100	Очень сладкая
Мальтоза	46	Умеренно сладкая
Лактоза	39	Умеренно сладкая
<b>Полисахариды</b>		
Крахмал	0	Несладкий
<b>Заменители сахара</b>		
Сахарин	300	Чрезвычайно сладкий
Аспартам	200	Чрезвычайно сладкий
Ацесульфам	10 000	Чрезвычайно сладкий

Вычислите, какая масса: а) фруктозы, б) глюкозы, в) сахарина, г) ацесульфата потребуется, чтобы вызвать ощущение такой же интенсивности, какое вызывает порция сахара массой 5 г.

**12–27.** Изучите таблицу 6.

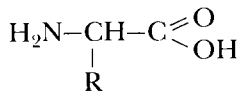
**Таблица 6. Состав некоторых продуктов питания с высоким содержанием углеводов (на 100 г продукта)**

Продукт	Энергетическая ценность, ккал	Вода, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы		
					Моно- и дисахариды, г	Крахмал, г	Целлюлоза, г
Овсяные хлопья	305	12,0	11,0	6,2	1,2	48,9	1,3
Батон нарезной	262	34,1	7,7	3,0	2,8	47,0	0,2
Мед натуральный	314	17,4	0,8	0	74,8	5,5	0
Шоколад без добавлений	544	0,8	5,4	35,3	47,2	5,4	3,9
Шоколад молочный	550	0,9	6,9	35,7	49,5	2,9	2,0
Макаронные изделия	337	13,0	10,4	1,1	2,0	67,7	0,1

Известно, что энергетическая ценность белков и углеводов составляет приблизительно 4,0 ккал на 1 г продукта, а жиров — 9,0. Вычислите, какова доля углеводов (в %) в энергетической ценности приведенных в таблице 6 продуктов.

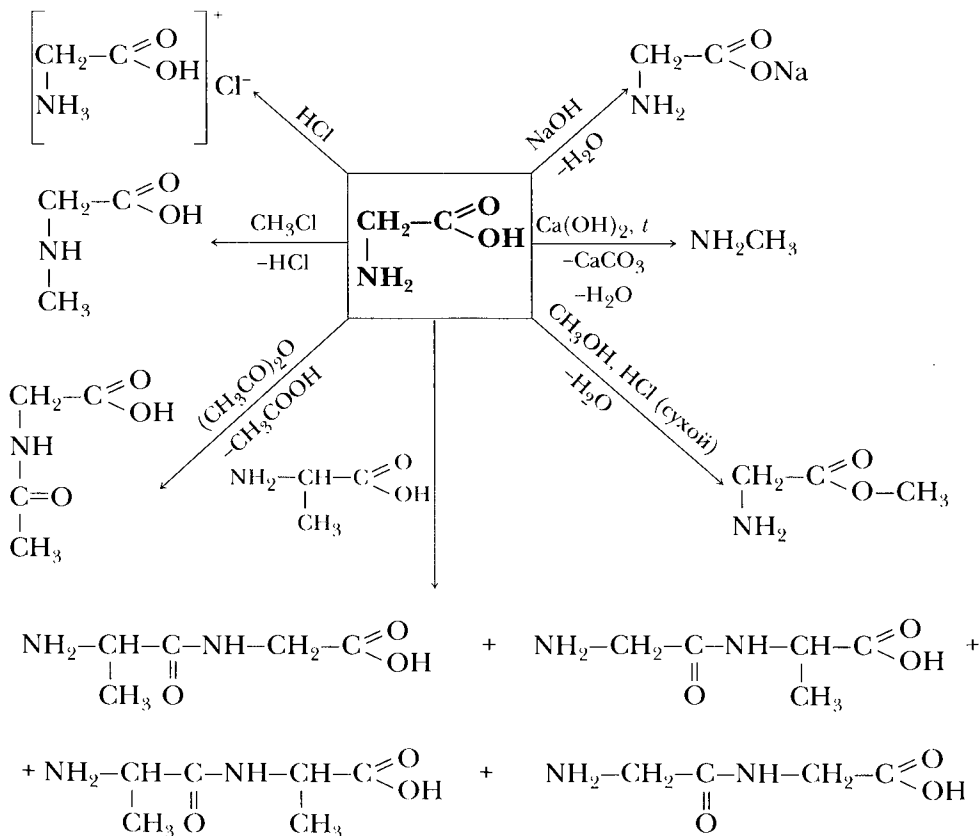
**Аминокислоты** — органические вещества, в молекулах которых содержится и **карбоксильная группа** —COOH, и **аминогруппа** —NH<sub>2</sub>.

Общая формула α-аминокислот:



На с. 103 приведен список аминокислот, участвующих в синтезе белков, и даны их тривиальные названия. Эти аминокислоты используются в заданиях этой главы. На схеме 13 представлены химические свойства аминокислот на примере глицина.

Схема 13. Химические свойства аминокислот на примере глицина



## Вопросы и задания

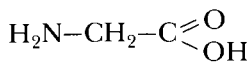
- 13–1.** Составьте структурную формулу  $\alpha$ -аминомасляной кислоты. Напишите ее молекулярную формулу. Составьте структурные формулы трех ее изомеров и дайте им названия.
- 13–2.** Составьте структурную формулу  $\beta$ -аминовалериановой кислоты. Напишите ее молекулярную формулу. Составьте структурные формулы трех ее изомеров и дайте им названия.
- 13–3.** Составьте возможные структурные формулы аминокислот состава  $C_6H_{13}O_2N$ . Дайте названия аминокислотам по систематической номенклатуре. Найдите среди этих изомеров протеиногенные аминокислоты и дайте им тривиальные названия.
- 13–4.** У каких из перечисленных аминокислот есть оптические изомеры: глицин, фенилаланин,  $\gamma$ -аминомасляная кислота? Составьте проекционные формулы *D*- и *L*-изомеров в тех случаях, где возможна оптическая изомерия.
- 13–5.** Изобразите схему образования биполярных ионов (*цвиттер-ионов*) на примере: а) аланина, б) серина, в)  $\beta$ -аминомасляной кислоты.
- 13–6.** Ниже приведены температуры плавления и кипения нескольких веществ с близкими значениями молярных масс.

Вещество	Молярная масса, г/моль	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
Бутиламин	73	-50	78
Пропионовая кислота	74	-20,8	141,1
Глицин	75	262 (при плавлении разлагается)	—
<i>n</i> -Пентан	72	-129,7	36,07

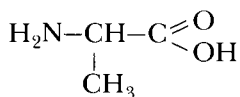
Объясните, почему у аминокислоты аланина значение температуры плавления существенно выше, чем у пропионовой кислоты и бутиламина.

- 13–7.** Растворимость в воде глицина при 25 °С составляет 25 г, аланина — 16,6 г, а лейцина — 2,2 г на 100 г воды. В чем причина снижения растворимости в этом ряду аминокислот?
- 13–8.** С какими из перечисленных веществ реагирует глицин: соляная кислота, гидроксид натрия, аммиак, вода, пропан, азот, метанол? Напишите уравнения возможных реакций. Укажите, за счет какой из функциональных групп осуществляются эти реакции.

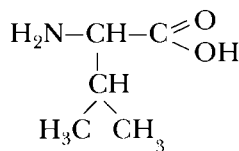
13-9. С какими из перечисленных веществ реагирует аланин: серная кислота, уксусная кислота, гидроксид калия, циклогексан, этанол, этан? Напишите уравнения возможных реакций. Укажите, за счет какой из функциональных групп осуществляются эти реакции.



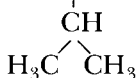
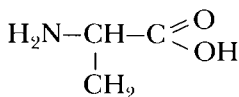
глицин  
Gly



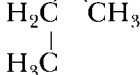
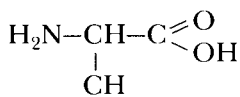
аланин  
Ala



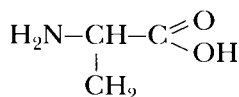
валин  
Val



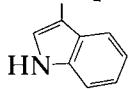
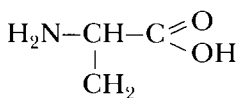
лейцин  
Leu



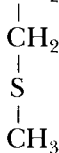
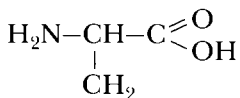
изолейцин  
Ile



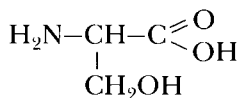
фенилаланин  
Phe



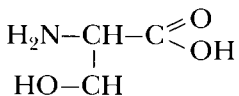
триптофан  
Trp



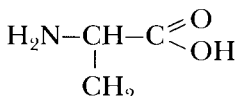
метионин  
Met



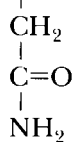
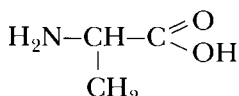
серин  
Ser



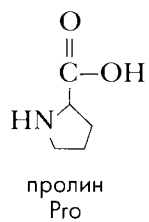
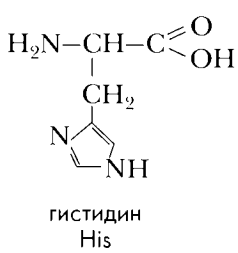
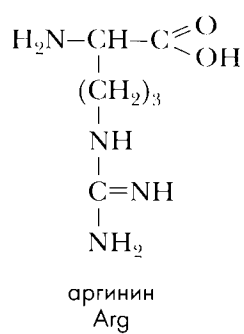
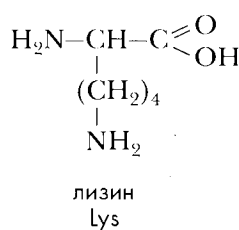
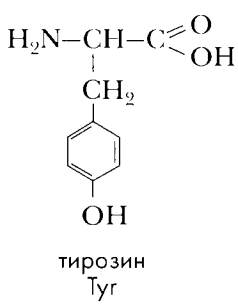
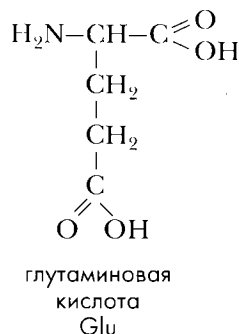
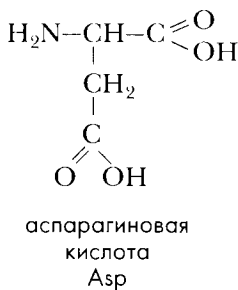
треонин  
Thr



аспарагин  
Asp



глутамин  
Gln



- 13-10.** С какими из перечисленных веществ реагирует валин: бромоводородная кислота, ацетилхлорид, гидроксид бария (при кипячении), метанол, уксусный ангидрид, метан? Напишите уравнения возможных реакций. Укажите, за счет какой из функциональных групп осуществляются эти реакции.
- 13-11.** Напишите уравнения реакций, которые можно осуществить между следующими веществами, выбирая их попарно: гидроксид натрия, соляная кислота, аммиак, β-аминопропионовая кислота.
- 13-12.** Напишите уравнения реакций, которые можно осуществить между следующими веществами: серная кислота, гидроксид калия, этанол, глицин.
- 13-13.** Напишите уравнения реакций следующих аминокислот с гидроксидом натрия: а) аланина, б) серина, в) тирозина, г) аспарагиновой кислоты.



- 13–14.** Напишите уравнения реакций следующих аминокислот с соляной кислотой:  
а) валина, б) лизина.
- 13–15.** Составьте уравнения реакций декарбоксилирования следующих аминокислот: а) глицина, б) аланина, в) фенилаланина, г) тирозина. Назовите продукты этих реакций.
- 13–16.** Составьте уравнения реакций взаимодействия этилового спирта со следующими аминокислотами: а) аланином, б) фенилаланином, в) аспарагиновой кислотой. Какие продукты образуются в результате этих реакций?
- 13–17.** В организме под действием фермента *аспартат-аммиак-лиазы* аспарагиновая кислота превращается в фумаровую (*цис*-бутен-2-диовую). Составьте уравнение этой реакции. Почему ее относят к реакциям дезаминирования?
- 13–18.** Декарбоксилирование аминокислот в организме под действием ферментов приводит к образованию биологически важных аминов. Составьте схемы декарбоксилирования аминокислот: а) серина (образуется коламин), б) гистидина (образуется гистамин), в) триптофана (образуется триптамин).
- 13–19.** Используя дополнительную литературу и другие источники, выясните биологическую роль аминов, перечисленных в предыдущей задаче.
- 13–20.** Некоторые аминокислоты в организме могут быть ферментативно синтезированы из аминокдикарбоновых кислот. Составьте схемы образования: а)  $\beta$ -аланина из аспарагиновой кислоты, б)  $\gamma$ -аминомасляной кислоты (важнейший нейромедиатор в центральной нервной системе) из глутаминовой кислоты.
- 13–21.** В мышцах дипептид *карнозин*, образованный  $\beta$ -аланином и гистидином, проявляет буферные свойства (способствует поддержанию определенного значения pH в клетках). Составьте формулу этого дипептида ( $\beta$ -Ала-Гис).
- 13–22.** Напишите уравнение реакции образования трипептидов из соответствующих аминокислот: а) Ala-Gly-Phe, б) Ser-Asp-Asp.
- 13–23.** Сколько различных пептидов можно получить из трех аминокислот: серина, цистеина и валина? Составьте формулы таких пептидов.
- 13–24.** В мозге млекопитающих вырабатываются пептиды, действие которых сходно с действием морфина: они обладают обезболивающим действием, влияют на эмоциональное состояние. Эти пептиды называются *энкефалинами*. Составьте формулы:  
а) лейцин-энкефалина Tyr-Gly-Gly-Phe-Leu;  
б) метионин-энкефалина Tyr-Gly-Gly-Phe-Met.
- 13–25.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтезы:

- а) глицина из глюкозы;
- б) аланина из глюкозы;
- в) аланина из пропана;
- г) хлорида глициния из карбида алюминия;
- д) натриевой соли аланина из этилена;
- е) глицилаланина из целлюлозы;
- ж) этилового эфира аланина из ацетилен;
- з) аланилглицина из пропанола-1;
- и) *n*-аминобензойной кислоты (ПАБК) из метана;
- к)  $\alpha$ -аминобутирата натрия из ацетальдегида.

Подпишите названия образующихся веществ и названия реакций.  
Укажите условия осуществления реакций.

**13–26.** Приведите примеры: а) глобулярных и фибриллярных белков, б) простых и сложных белков (протеинов и протеидов).

**13–27.** К какому типу белков относятся: а) кератины, б) коллагены, в) эластины, г) глобулины? Какова их роль в организме?

**13–28.** С помощью каких химических реакций можно доказать, что вещество является белком?

**13–29.** Какие белки в организме выполняют функции: а) защитные, б) транспортные? Приведите примеры.

**13–30.** Изучите таблицу 7.

**Таблица 7. Аминокислотный состав пищевых белков (г/100 г белка)**

Незаменимые аминокислоты	Норма по шкале ВОЗ	Цельный яичный белок	Казеин (творог, сыр)	Белки сыворожки молока	Соевый белок	Белок риса	Рыбный белок
1	2	3	4	5	6	7	8
Изолейцин	4,0	5,5	6,1	6,2	4,9	4,4	4,5
Лейцин	7,0	9,9	9,2	12,3	8,2	8,6	8,6
Лизин	5,5	7,9	8,2	9,1	6,3	3,8	9,3
Метионин + цистеин	3,5	6,5	3,14	5,7	2,6	3,8	5,1
Фенилаланин + тирозин	6,0	11,1	11,3	8,2	9,0	8,6	8,2

1	2	3	4	5	6	7	8
Фенилаланин + тирозин	6,0	11,1	11,3	8,2	9,0	8,6	8,2
Треонин	4,0	5,8	4,9	5,2	3,8	3,5	4,5
Триптофан	1,0	1,7	1,7	2,2	1,3	1,4	1,1
Валин	5,0	7,7	7,2	5,7	5,0	6,1	5,0

Какие из пищевых белков наиболее оптимальны по составу незаменимых аминокислот? В чем существенная разница аминокислотного состава растительных и животных белков?

### Расчетные задачи

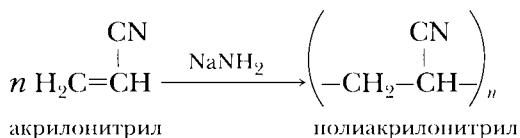
- 13–31.** Растворимость глицина в воде составляет 25 г на 100 г воды при 25 °С. Какова массовая доля глицина в его насыщенном растворе?
- 13–32.** Растворимость серина в воде составляет 5 г на 100 г воды при 25 °С. Какова массовая доля серина в его насыщенном растворе?
- 13–33.** Массовая доля азота в предельной аминокислоте составляет 10,69 %. Выведите молекулярную формулу аминокислоты, составьте формулы четырех изомеров, среди которых есть протеиногенные аминокислоты, и дайте им названия.
- 13–34.** Массовая доля кислорода в предельной аминокислоте составляет 27,35 %. Выведите молекулярную формулу аминокислоты, составьте формулы четырех изомеров, среди которых есть протеиногенные аминокислоты, и дайте им названия.
- 13–35.** Одним из способов получения аминокислот является *аммонолиз* галогенопроизводных карбоновых кислот (действие большого избытка аммиака на галогенопроизводные карбоновых кислот). Составьте уравнение реакции получения аланина из  $\alpha$ -бромпропионовой кислоты. Учтите, что в избытке аммиака образуется аммонийная соль. Рассчитайте выход продукта, если в результате аммонолиза  $\alpha$ -бромпропионовой кислоты массой 15,3 г образовался  $\alpha$ -бромпропионат аммония массой 6,36 г.
- 13–36.** По *методу Штреккера* из альдегида (или кетона) под действием аммиака и циановодородной кислоты образуется  $\alpha$ -аминонитрил, который затем подвергается гидролизу с образованием аминокислоты. Рассчитайте выход аланина, если из ацетальдегида массой 13,2 г по методу Штреккера удастся получить 18,69 г аланина.
- 13–37.** В ходе этерификации предельной аминокислоты массой 15 г образовался ее этиловый эфир массой 12,36 г. Практический выход эфира составил 60 % от теоретически возможного. Какая аминокислота соответствует условию задачи?

# Глава 14 Полимеры

**Полимеры** – высокомолекулярные соединения, макромолекулы которых состоят из повторяющихся структурных звеньев.

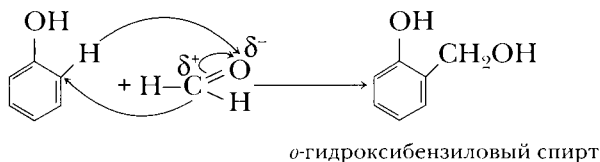
Полимеры образуются из мономеров в реакциях *полимеризации* или *поликонденсации*.

В результате реакций **полимеризации** образуется единственный продукт – высокомолекулярное органическое соединение:

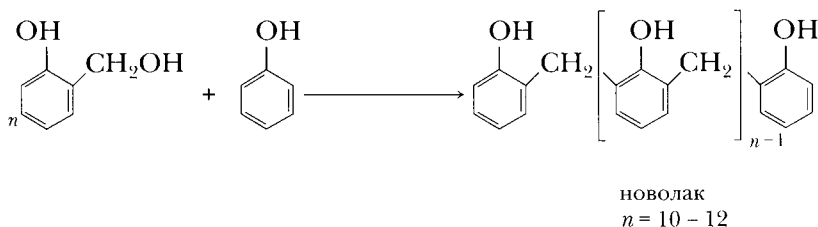


В результате реакций **поликонденсации** наряду с полимером образуется низкомолекулярный продукт, например вода, аммиак.

Примером полимера, получаемого в результате поликонденсации, являются фенолоформальдегидные смолы. В результате взаимодействия фенола и формальдегида образуется *о*-гидроксibenзиловый спирт (устойчив в щелочной среде):

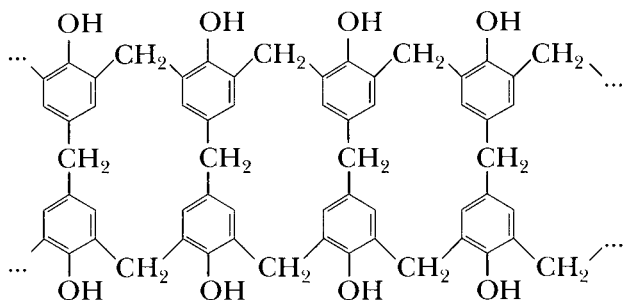


В нейтральной и кислой среде молекулы *о*-гидроксibenзилового спирта взаимодействуя друг с другом, вступают в реакцию поликонденсации. Если фенол взят в избытке, образуются низкомолекулярные смолы – **новолаки**:



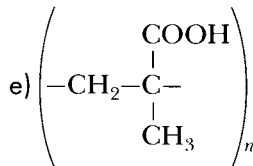
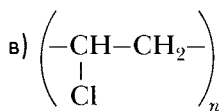
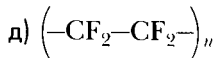
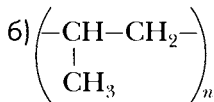
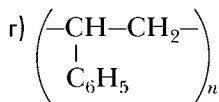
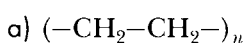
При некотором избытке формальдегида образуются продукты поликонденсации – **резолы**, в макромолекулах которых уже отсутствуют группы  $\text{CH}_2\text{OH}$ . Резолы с небольшой молекулярной массой (примерно 1000) исползуются в качестве клеев и лаков.

При дальнейшем нагревании резолов до 130–150 °С происходит сшивка фенолоформальдегидных цепей с образованием полимера с сетчатой структурой – **резита**:



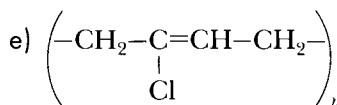
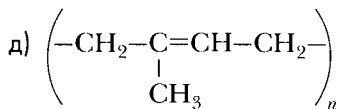
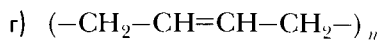
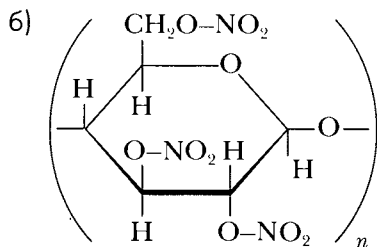
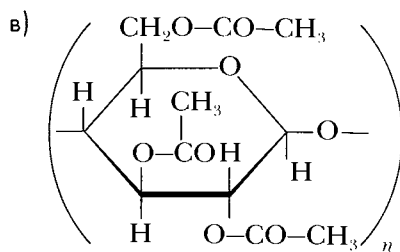
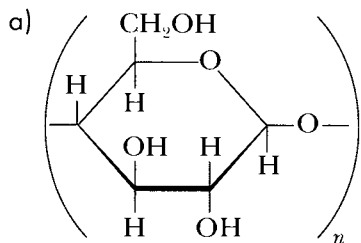
### Вопросы и задания

- 14–1.** Приведите примеры получения полимеров с помощью реакций полимеризации и поликонденсации. В чем принципиальное отличие этих реакций?
- 14–2.** Приведите примеры искусственных и синтетических полимеров. В чем их принципиальное отличие?
- 14–3.** Из приведенного ниже списка выберите термопластичные и термореактивные полимеры: фенолоформальдегидная смола, полиэтилен, полистирол, капрон. В чем главное отличие термопластов от термореактивных полимеров?
- 14–4.** Назовите полимеры, формулы которых приведены ниже:



Укажите области применения этих полимеров. Определите, какие вещества являются мономерами при получении этих полимеров. Составьте уравнения реакций полимеризации, в ходе которых образуются данные полимеры.

14-5. Назовите полимеры, формулы которых приведены ниже:



Укажите области применения этих полимеров. Определите исходные вещества для получения данных полимеров.

14-6. Какие из перечисленных далее полимеров получают реакцией полимеризации, а какие реакцией поликонденсации: полистирол, фенолоформальдегидные смолы, лавсан, поливинилхлорид, тефлон, полиглицин, капрон?

14-7. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить синтезы:

- фенолоформальдегидной смолы из угля;
- поливинилхлорида из метана;
- СКБС (синтетического каучука бутадиен-стирольного) из ацетилена;
- синтетического каучука хлоропренового из ацетилена;
- полиакрилонитрила из метана;
- полиметилметакрилата из  $\alpha$ -метилпропионовой (изомасляной) кислоты;
- лавсана из этилена;
- капрона из фенола.

Напишите названия образующихся веществ и названия реакций. Укажите условия осуществления реакций.

14-8. Чем отличаются строение и свойства полиэтилена высокого и низкого давления? Каковы условия их синтеза?

14-9. Чем отличаются друг от друга: а) каучук и резина, б) резина и эбонит, в) каучук и гуттаперча?

## Расчетные задачи

- 14–10.** Современные установки по производству полиэтилена высокого давления имеют мощность до 150 тыс. т в год. Практический выход полимера составляет 95–98 %. Рассчитайте, какой объем этилена (н. у.) потребляет такая установка в год (в ответе укажите минимальный и максимальный объем).
- 14–11.** Вычислите степень полимеризации полипропилена, если средняя относительная молекулярная масса его образца равна 3 570 000.
- 14–12.** Сколько мономерных звеньев входит в макромолекулу поливинилхлорида с молекулярной массой 343 750?
- 14–13.** Для синтеза фенолоформальдегидной смолы молярное соотношение фенола, формальдегида и аммиака соответственно 1 : 1 : 0,13. Какие массы 32%-го раствора формальдегида и 25%-го раствора аммиака потребуются для получения фенола массой 1 кг?
- 14–14.** Волокно анид получают поликонденсацией адипиновой кислоты  $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$  и гексаметилендиамина  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ . Составьте уравнение соответствующей реакции. Какая масса исходных веществ расходуется для получения полимера массой 1 т, если массовая доля потерь составляет 5%?
- 14–15.** Для приготовления одного из сортов резины на 100 кг каучука требуются: сера — 3 кг, ускорители — 3 кг, активаторы — 3 кг, наполнители — 50 кг, пластификаторы — 10 кг, противостарители — 1,5 кг, красители — 5 кг. Вычислите массовые доли каждого из компонентов в этом сорте резины.
- 14–16.** Для производства кабельного пластика используют следующие вещества:

Вещества	Массовые доли (%) в пластике
Поливинилхлорид	64,5
Диоктилфталат (пластификатор)	29,0
Стеарат свинца (стабилизатор)	5,2
Каолин (наполнитель)	1,3

Вычислите массу каждого из компонентов, которые потребуются для получения кабельного пластика, если имеется 100 кг поливинилхлорида.

## Задачи на вывод формул органических веществ

**Задача 1.** Порцию органического вещества массой 18,5 г сожгли в избытке кислорода. В результате реакции образовался углекислый газ объемом 16,8 л (н. у.) и вода массой 13,5 г. Плотность паров органического вещества по воздуху составляет 2,552. Выведите молекулярную формулу вещества.

*Дано:*

$$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 18,5 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) = 16,8 \text{ л (н. у.)}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 13,5 \text{ г}$$

$$D_{\text{в}}(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 2,552$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

$$V_{\text{н}} = 22,4 \text{ л/моль (н. у.)}$$

*Решение:*

Данное вещество содержит в себе углерод (в результате сгорания образовался углекислый газ  $\text{CO}_2$ ), водород (образовалась вода), и не исключено, что в состав вещества также входит кислород. Поэтому обозначим формулу вещества как  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

■ Вычислим значения количества вещества продуктов реакции и исходного  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

$$n(\text{CO}_2) = 16,8 \text{ л} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,75 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 13,5 \text{ г} / 18 \text{ (г/моль)} = 0,75 \text{ моль}$$

Для вычисления количества вещества  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$  потребуется его молярная масса. Ее мы найдем по значению относительной плотности по воздуху. Для этого значение относительной плотности вещества по воздуху умножим на молярную массу воздуха. Средняя молярная масса воздуха принимается равной 29.

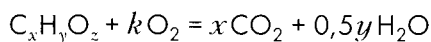
■ Вычислим молярную массу  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 2,552 \cdot 29 = 74,008 \approx 74 \text{ г/моль}$$

■ Найдем количество вещества  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

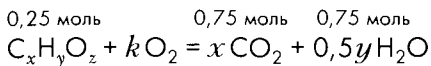
$$n(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 18,5 \text{ г} / 74 \text{ (г/моль)} = 0,25 \text{ моль}$$

■ Составим уравнение реакции.





При этом стехиометрический коэффициент при  $O_2$  (он обозначен  $k$ ) не учитываем, так как он не используется в дальнейших расчетах. Над формулами в уравнении реакции запишем найденные значения количества вещества:



В соответствии с уравнением реакции

из 1 моль  $C_xH_yO_z$  образуется  $x$  моль  $CO_2$ ,

из 0,25 моль  $C_xH_yO_z$  образуется 0,75 моль  $CO_2$ .

■ Составим пропорцию и найдем  $x$ .

$$0,25x = 1 \cdot 0,75$$

$$x = 3$$

В соответствии с уравнением реакции

из 1 моль  $C_xH_yO_z$  образуется  $0,5y$  моль  $H_2O$ ,

из 0,25 моль  $C_xH_yO_z$  образуется 0,75 моль  $H_2O$ .

■ Составим пропорцию и найдем  $y$ .

$$0,25 \cdot 0,5y = 1 \cdot 0,75$$

$$y = 6$$

Подставив в молекулярной формуле вместо  $x$  и  $y$  их найденные значения, получим молекулярную формулу:  $C_3H_6O_z$ .

■ Найдем  $z$ .

Чтобы найти  $z$ , определим, какая часть молярной массы соединения приходится на элемент кислород.

$$zM(O) = M(C_xH_yO_z) - M(C_xH_y).$$

Если в задаче  $zM(O) = M(C_xH_yO_z) - M(C_xH_y) = 0$ , то кислорода в соединении нет. Вообще разность  $M(C_xH_yO_z) - M(C_xH_y)$  должна выражаться числом, кратным 16 — молярной массе атомарного кислорода. В нашей задаче:  $zM(O) = M(C_3H_6O_z) - M(C_3H_6) = 74 - 42 = 32$  г/моль.

Графически это соотношение можно выразить следующим образом:

$$\underbrace{\underbrace{C_3H_6}_{42 \text{ г/моль}} \underbrace{O_z}_{32 \text{ г/моль}}}_{74 \text{ г/моль}}$$

Чтобы найти  $z$ , надо часть молярной массы соединения, которая приходится на кислород, разделить на молярную массу атомарного кислорода (т. е. на 16):

$$z = \frac{zM(O)}{M(O)} = \frac{32}{16} = 2$$

Таким образом, формула органического соединения  $C_3H_6O_2$ .

Ответ:  $C_3H_6O_2$ .

**Задача 2.** Порцию органического вещества массой 1,45 г обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра (*реактивом Толленса*). В результате реакции образовалось серебро массой 5,4 г. Определите, какое органическое вещество соответствует условию задачи.

Дано:

$$m(C_xH_yO_z) = 1,45 \text{ г}$$

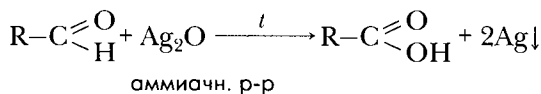
$$m(Ag) = 5,4 \text{ г}$$

$$M(Ag) = 108 \text{ г/моль}$$

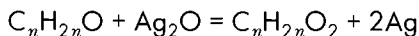
Решение:

Предположим, что вещество, о котором идет речь в условии задачи, является альдегидом. Именно альдегиды восстанавливают серебро из аммиачного комплекса серебра. Допустим, что это предельный альдегид, в молекуле которого содержится одна карбонильная группа. Тогда его молекулярная формула может быть записана как  $C_nH_{2n}O$ .

Реакция происходит по схеме:



Применяя эту схему к условиям нашей задачи, получим:



■ Вычислим количество вещества серебра, которое образуется в результате реакции.

$$n(Ag) = 5,4 \text{ г} / 108 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$$

■ Найдем количество вещества альдегида, составив пропорцию.

$x$  моль альдегида — 0,05 моль серебра

1 моль альдегида — 2 моль серебра

$$2x = 1 \cdot 0,05$$

$$x = 0,025 \text{ моль}$$

Итак,  $n(C_nH_{2n}O) = 0,025$  моль.

■ Найдем молярную массу альдегида.

$$M = \frac{m}{n}$$

$$M(C_nH_{2n}O) = \frac{1,45 \text{ г}}{0,025 \text{ моль}} = 58 \text{ г/моль}$$

■ Определим молекулярную формулу альдегида.

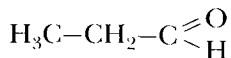
Теперь наша задача сводится к тому, чтобы найти  $n$ . Молярная масса соединения образуется как сумма молярных масс образующих соединения элементов с учетом индексов в его формуле:

$$nM(\text{C}) + 2nM(\text{H}) + M(\text{O}) = M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})$$

$$12n + 2n + 16 = 58$$

$$n = 3$$

Итак, молекулярная формула альдегида  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . Тогда условию задачи соответствует пропионовый альдегид (пропаналь):



*Ответ:* пропаналь.

**Задача 3.** В результате присоединения брома к порции углеводорода массой 5,6 г образовался дигалогенид массой 21,6 г. Выведите молекулярную формулу органического вещества и составьте формулы изомеров, отвечающих условию задачи.

*Дано:*

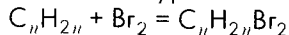
$$m(\text{C}_x\text{H}_y) = 5,6 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_2) = 21,6 \text{ г}$$

*Решение:*

Присоединение брома характерно для алкенов, алкинов, циклоалканов с малым циклом, алкадиенов, т. е. для непредельных углеводородов. Молекулярная формула искомого углеводорода соответствует составу  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  или  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . Предположим, что искомым углеводород — алкен, тогда его молекулярная формула может быть записана как  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

■ Напишем уравнение реакции бромирования.



■ Выразим значения молярных масс углеводорода и дигалогенида через  $n$ .

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = M(\text{C}) \cdot n + M(\text{H}) \cdot 2n = 12n + 1 \cdot 2n = 14n.$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = M(\text{C}) \cdot n + M(\text{H}) \cdot 2n + 2M(\text{Br}) = 12n + 1 \cdot 2n + 2 \cdot 80 = 14n + 160.$$

Выразим значение количества вещества алкена и дигалогенида через  $n$ .

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n})} = \frac{5,6}{14n} \text{ (моль)}$$

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2)}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2)} = \frac{21,6}{14n + 160} \text{ (моль)}$$

■ Найдем  $n$ .

В соответствии с уравнением реакции из 1 моль алкена образуется 1 моль дигалогенида. Таким образом:

$$n(C_nH_{2n}) = n(C_nH_{2n}Br_2)$$

■ Подставим значения количества вещества, выраженные через  $n$ .

$$\frac{5,6}{14n} = \frac{21,6}{14n + 160}$$

■ Решим полученное уравнение.

$$5,6 \cdot (14n + 160) = 21,6 \cdot 14n$$

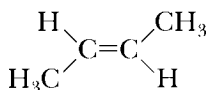
$$n = 4$$

Таким образом, искомым углеводород —  $C_4H_8$ . Это может быть бутен-1, бутен-2, 2-метилпропен. Кроме того, это может быть и циклоалкан — циклы из трех или четырех углеродных атомов способны присоединять бром. Если учитывать еще и возможность *цис-транс*-изомерии, то бутену-2 соответствует 2 изомера: *цис*-бутен-2 и *транс*-бутен-2. Формулы всех перечисленных веществ изображены ниже.

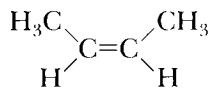
Ответ:



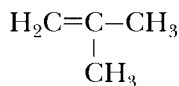
бутен-1



*цис*-бутен-2



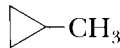
*транс*-бутен-2



2-метилпропен



циклобутан



метилциклопропан

## Задачи на вычисление состава смеси

**Задача 4.** Смесь газов: метана  $CH_4$  и этана  $C_2H_6$  массой 200 г занимает при нормальных условиях объем 201,6 л. Вычислите: а) объемные доли газов в смеси, б) массовые доли газов в смеси.

Решение:

■ Вычислим объем и массу каждого газа в смеси.

Обозначим через  $x$  количество вещества метана, через  $y$  — количество вещества этана. Найдем значения молярных масс метана и этана:

$M(CH_4) = 16$  г/моль,  $M(C_2H_6) = 30$  г/моль. Тогда масса метана в смеси составит  $16x$  г, а масса этана —  $30y$  г. Масса всей смеси равна 200 г.

■ Составим первое уравнение системы.

$$16x + 30y = 200$$

Используя молярный объем газов ( $V_n = 22,4$  л/моль), найдем суммарное число моль газов в смеси:

$$n_{\text{общ}} = \frac{201,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 9 \text{ моль}$$

■ Составим второе уравнение системы.

$$x + y = 9$$

■ Решим систему уравнений.

$$\begin{cases} x + y = 9 \\ 16x + 30y = 200 \end{cases}$$

В результате получаем:  $x = 5$ ,  $y = 4$ . Таким образом,  $n(\text{CH}_4) = 5$  моль,  $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 4$  моль.

■ Найдем объемные доли газов в смеси.

Объемные доли газов в смеси будут совпадать с мольными — это следует из закона Авогадро. Объемную долю обозначим через  $\varphi$ . Тогда:

$$\varphi(\text{CH}_4) = 5/9 \approx 0,56$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 4/9 \approx 0,44$$

■ Найдем массовые доли газов в смеси.

Для этого вычислим массы газов:

$$m(\text{CH}_4) = 16 \cdot 5 = 80 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \cdot 4 = 120 \text{ г}$$

Соответственно:  $w(\text{CH}_4) = 80/200 = 0,4$ ;  $w(\text{C}_2\text{H}_6) = 120/200 = 0,6$ .

Ответ:  $\varphi(\text{CH}_4) \approx 56\%$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) \approx 44\%$ ;  $w(\text{CH}_4) = 40\%$ ;  $w(\text{C}_2\text{H}_6) = 60\%$ .

**Задача 5.** Вычислите плотность по водороду смеси 25 л метана и 175 л этилена.

*Решение:*

■ Найдем объемные доли веществ в смеси.

$$\varphi(\text{CH}_4) = 25/(25 + 175) = 0,125; \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 175/(175 + 200) = 0,875.$$

Объемные доли газов в газовых смесях совпадают с мольными (следствие из закона Авогадро).

■ Найдем условную молекулярную массу смеси.

$$M_r(\text{смеси}) = \varphi(\text{CH}_4) \cdot M_r(\text{CH}_4) + \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot M_r(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,125 \cdot 16 + 0,875 \cdot 28 = 2 + 24,5 = 26,5.$$

■ Найдем относительную плотность смеси по водороду.

$$D_{H_2}(\text{смеси}) = 26,5 / 2 = 13,25$$

$$\text{Ответ: } D_{H_2}(CH_4 \text{ и } C_2H_4) = 13,25.$$

**Задача 6.** Объемные доли ацетилена и этана в газовой смеси составляют 25 % и 75 % соответственно. Вычислите массовые доли газов в смеси.

*Решение:*

В газовых смесях объемные доли компонентов совпадают с мольными (следствие закона Авогадро). Следовательно, мольные доли газов в смеси составляют также 75 % и 25 %. Пусть имеется 100 моль смеси данных газов. В такой смеси содержится 25 моль ацетилена и 75 моль этана.

■ Вычислим массы ацетилена и этана.

$$m(C_2H_2) = n(C_2H_2) \cdot M(C_2H_2) = 25 \text{ моль} \cdot 26 \text{ г/моль} = 650 \text{ г}$$

$$m(C_2H_6) = n(C_2H_6) \cdot M(C_2H_6) = 75 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} = 2250 \text{ г}$$

■ Вычислим общую массу 100 моль смеси и массовые доли компонентов в ней

$$m_{\text{смеси}} = m(C_2H_2) + m(C_2H_6) = 650 \text{ г} + 2250 \text{ г} = 2900 \text{ г}$$

$$\omega(C_2H_2) = 650 / 2900 \approx 0,224, \text{ или } 22,4 \%$$

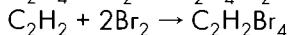
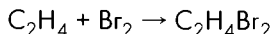
$$\omega(C_2H_6) = 2250 / 2900 \approx 0,776, \text{ или } 77,6 \%$$

$$\text{Ответ: } \omega(C_2H_2) \approx 0,224 \text{ или } 22,4 \%; \omega(C_2H_6) \approx 0,776 \text{ или } 77,6 \%.$$

**Задача 7.** Смесь этилена и ацетилена массой 12,1 г была обработана раствором брома в тетрахлорметане. В результате реакции образовалась смесь дибромидов и тетрабромидов массой 124,1 г. Вычислите массовые доли углеводородов в исходной смеси.

*Решение:*

■ Напишем уравнения реакций.



■ Обозначим количество вещества этилена  $x$  моль, а количество вещества ацетилена  $y$  моль. Молярные массы этилена и ацетилена соответственно равны 28 г/моль и 26 г/моль. Тогда масса этилена составляет  $28x$  г, а масса ацетилена —  $26y$  г. Масса всей смеси равна 12,1 г.

■ Составим первое уравнение системы.

$$28x + 26y = 12,1$$

Чтобы составить второе уравнение системы, выразим массы дибромидов и тетрабромидов через  $x$  и  $y$ .

Из 1 моль этилена образуется 1 моль дибромэтана (по уравнению реакции), поэтому из  $x$  моль этилена образуется  $x$  моль дибромэтана. Молярная мас-

са дибромэтана равна 188 г/моль, тогда масса дибромэтана составляет 188x г.

Аналогично из 1 моль ацетилен образуется 1 моль тетрабромэтана (по уравнению реакции), поэтому из  $y$  моль этилена образуется  $y$  моль дибромэтана. Молярная масса дибромэтана равна 346 г/моль, тогда масса дибромэтана составляет 346y г. Масса бромпроизводных равна 124,1 г.

■ Составим второе уравнение системы.

$$188x + 346y = 124,1$$

■ Решим систему уравнений.

$$\begin{cases} 28x + 26y = 12,1 \\ 188x + 346y = 124,1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,2 \\ y = 0,25 \end{cases}$$

■ Находим массу каждого из углеводородов в смеси и массовые доли (см. таблицу):

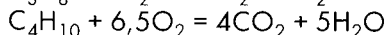
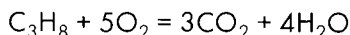
Компонент смеси	Молярная масса, г/моль	Количество вещества, моль	Масса, г	Массовые доли
Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28	0,2	5,6	0,463
Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	0,25	6,5	0,537

Ответ:  $w(\text{C}_2\text{H}_4) \approx 46,3\%$ ,  $w(\text{C}_2\text{H}_2) \approx 53,7\%$ .

**Задача 8.** К смеси пропана и *n*-бутана объемом 100 мл добавили 600 мл кислорода и смесь подожгли. После полного сгорания углеводородов смесь веществ после реакции привели к исходным условиям, и после конденсации воды ее объем составил 390 мл. Вычислите объемные доли углеводородов в исходной смеси. Рассчитайте плотность этой смеси по воздуху.

*Решение:*

■ Составим уравнения реакций горения углеводородов.



■ Обозначим объем пропана  $x$  мл, а объем *n*-бутана  $y$  мл.

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = x \text{ мл}$$

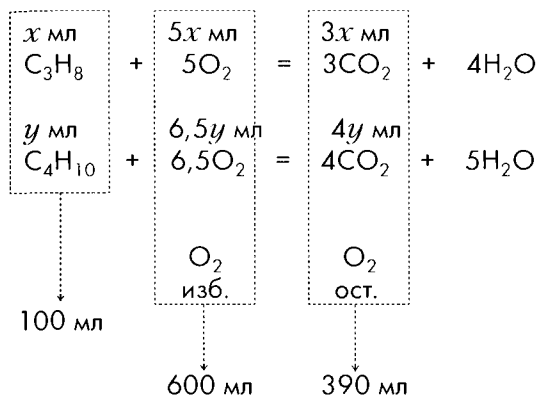
$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = y \text{ мл}$$

Исходный объем смеси составляет 100 мл.

■ Составим первое уравнение системы.

$$x + y = 100$$

Допустим, что кислород, добавленный к смеси углеводородов, был в избытке. Часть кислорода (от 600 мл), которая составляет избыток и не израсходована при горении, может быть выражена через  $x$  и  $y$ . Для этого найдем объем кислорода, который потребуется для сгорания данного объема пропана и данного объема  $n$ -бутана, воспользовавшись законом Авогадро:



Отсюда  $V_{изб.}(O_2) = 600 - 5x - 6,5y$ .

Выразим через  $x$  и  $y$  объем остатка кислорода в газовой смеси после реакции. Объем газовой смеси после реакции составляет 390 мл. Найдем объем углекислого газа, образовавшегося в результате сгорания пропана и  $n$ -бутана:

$$V_{ост.}(O_2) = 390 - 3x - 4y$$

Избыточный объем кислорода остается после реакции неизменным:

$$V_{изб.}(O_2) = V_{ост.}(O_2)$$

■ Составим второе уравнение системы.

$$600 - 5x - 6,5y = 390 - 3x - 4y$$

■ Составим систему уравнений и решим ее.

$$\begin{cases} x + y = 100 \\ 600 - 5x - 6,5y = 390 - 3x - 4y \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 80 \\ y = 20 \end{cases}$$

Итак,  $V(C_3H_8) = 80$  мл;  $V(C_4H_{10}) = 20$  мл.



■ Вычислим объемные доли компонентов в исходной смеси.

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 80/100 = 0,8 \text{ или } 80\%$$

$$\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 20/100 = 0,2 \text{ или } 20\%$$

■ Находим условную молярную массу смеси.

Она равна сумме произведений мольной доли каждого из компонентов смеси и его молярной массы. В газовых смесях мольная доля совпадает с объемной, поэтому:

$$M_{\text{усл.}} = \varphi(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_8) + \varphi(\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,8 \cdot 44 + 0,2 \cdot 58 = 46,8 \text{ г/моль}$$

■ Находим плотность по воздуху данной смеси.

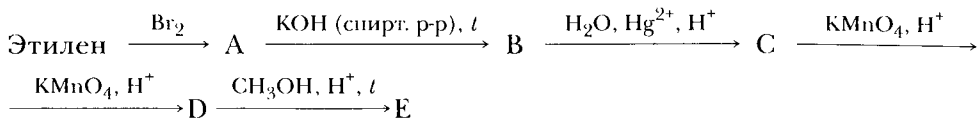
Для этого ее условную молярную массу разделим на условную молярную массу воздуха (на 29):

$$D_{\text{усл. возд.}} = \frac{46,8}{29} = 1,614$$

*Ответ:*  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 80\%$ ;  $\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 20\%$ ,  $D_{\text{возд.}}(\text{см}) \approx 1,614$ .

## Рекомендации к выполнению заданий на генетическую связь между классами органических веществ

Среди различных заданий часто встречаются цепочки превращений веществ. Цепочки могут быть *открытые*, когда указан путь синтеза того или иного вещества, например:



**A** – это 1,2-дихлорэтан, **B** – ацетилен, **C** – уксусный альдегид, **D** – уксусная кислота, **E** – метилацетат.

Побочные продукты образуются в ходе первой реакции – HCl, второй – KCl, H<sub>2</sub>O, четвертой – Mn<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>O и пятой – H<sub>2</sub>O.

Для выполнения таких заданий надо хорошо изучить **химические свойства и методы получения** веществ тех классов, которые изучаются на уроках.

Более трудными заданиями являются *закрытые* цепочки, в которых заданы только исходное вещество и конечный продукт. В этом случае могут существовать несколько различных путей синтеза.

Выполнение такого задания можно уподобить шахматной игре, в которой есть **дебют** (начало), **миттельшпиль** (середина игры) и **эндшпиль** (конец игры).

Изучим подробно первый и второй этапы выполнения задания.

### «Дебюты»

Рассмотрим несколько часто встречающихся **дебютов**, в результате которых надо получить органические вещества с одним или двумя атомами углерода в молекуле.

#### Исходные вещества — карбиды

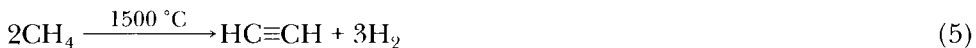
Карбиды металлов IA- и IIA-группы, лантаноидов, актиноидов и алюминия относят к солеобразным карбидам. Они подвергаются гидролизу, но из них практически только карбиды алюминия (Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>) и бериллия (Be<sub>2</sub>C) разлагаются водой или кислотами с образованием *метана* (такой тип карбидов называют метанидами):



Из карбида кальция, как и из других карбидов, относящихся к типу ацетиленидов, мы получаем *ацетилен* аналогичным образом:



Ацетилен можно получить и неполным пиролизом метана, хотя выход ацетилена в данной реакции составляет всего 5–10 %:



## Исходные вещества — уголь, сажа, графит (аллотропные модификации углерода)

В этом случае, чтобы получить органические вещества, есть несколько способов.

### 1. Получение карбида кальция и ацетилена

При взаимодействии угля с негашеной известью в электропечи образуется карбид кальция:



Затем из карбида кальция получаем *ацетилен* (3).

### 2. Синтез метана из простых веществ



На практике осуществляют более сложный процесс. Гидрирование угля происходит в присутствии катализатора (оксиды и сульфиды молибдена, вольфрама, никеля) при высокой температуре (450–470 °С) в автоклавах, выдерживающих давление 300 атм. В результате получают *смесь различных алканов и циклоалканов*.

## Исходное вещество — оксид углерода (II) CO

В этом случае можно осуществить различные превращения.

### 1. Каталитическое гидрирование

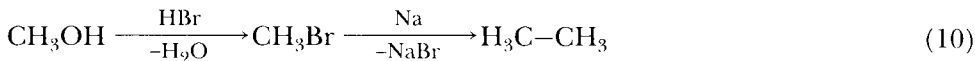
В зависимости от применяемого катализатора и температуры оно может происходить по-разному. В присутствии катализатора, содержащего кобальт или железо, при температуре 180–300 °С смесь оксида углерода (II) CO и водорода H<sub>2</sub> реагирует с образованием *алканов*. В основном образуются неразветвленные алканы с небольшой молекулярной массой (*процесс Фишера — Тropscha*). Если в качестве катализатора использовать никель, то обычно образуется метан:



## 2. Синтез метанола



## 3. Получение этана реакцией Вюрца



## 4. Получение муравьиной кислоты

Можно синтезировать формиат натрия (соль муравьиной кислоты) по реакции:



Затем можно получить муравьиную кислоту, вытесняя ее сильной кислотой, например соляной:

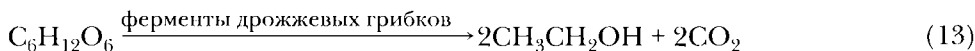


## Исходные вещества — углеводы

Возможно, что в ходе синтеза из более сложных соединений требуется получить более простые.

### 1. Брожение глюкозы

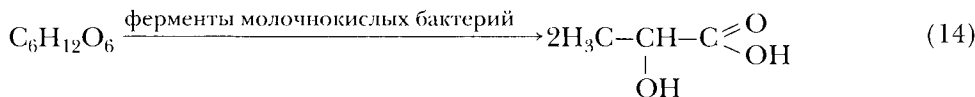
#### а) *алкогольное (спиртовое)*



Далее, чтобы получить углеводород, если это необходимо, можно или провести дегидратацию этанола и получить этилен, или заместить гидроксогруппу на галоген и провести реакцию Вюрца аналогично тому, как это показано на схеме (9). В этом случае мы получим *n*-бутан.

#### б) *молочнокислое*

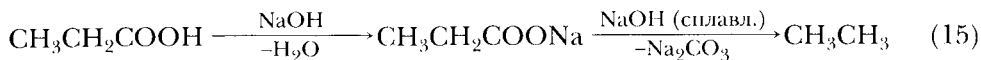
Этот путь удобен, когда требуется получить пропионовую кислоту или вещество, являющееся ее производным:



молочная кислота

## Исходные вещества — карбоновые кислоты и их соли

Часто возникает необходимость сократить углеродную цепь на один атом углерода. В таких случаях проводят декарбоксилирование карбоновой кислоты, например щелочное плавление соли карбоновой кислоты:



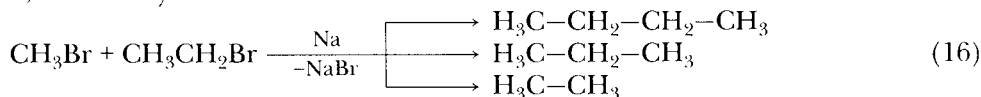
## «Миттельшпиль»

Перейдем теперь к дальнейшим преобразованиям, к *средней части* составления цепочек превращений веществ. Сосредоточимся на способах усложнения цепи для получения веществ, в молекулах которых углеродная цепь состоит из трех, четырех атомов углерода или в молекулах которых содержатся бензольные ядра.

### Получение цепи из трех углеродных атомов

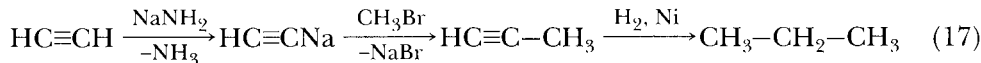
#### 1. Бромметан → пропан

Смесь моногалогенида метана и моногалогенида этана обрабатывают металлическим натрием (*реакция Вюрца*). В результате образуется смесь пропана, этана и бутана:



#### 2. Ацетилен → пропан

В этом случае получают ацетиленид натрия с последующим замещением натрия метильной группой. Полученный алкин можно гидрировать (если надо) и получить пропан:



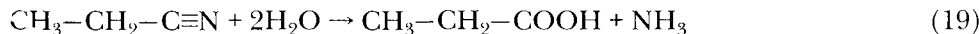
#### 3. Бромэтан → пропионовая кислота, пропиламин, α-оксипропионовая кислота, акрилонитрил

Для получения пропаннитрила, пропионовой кислоты и ее производных, пропиламина существуют следующие способы.

##### а) цианирование моногалогенида этана



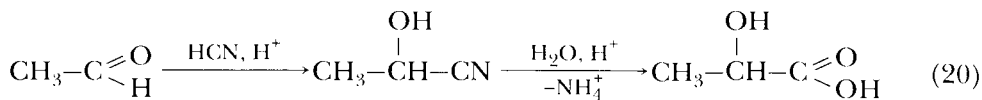
Для получения пропионовой кислоты проводят гидролиз полученного нитрила:



Реакция (19) идет в кислой или щелочной среде, в кислой среде продуктами являются пропионовая кислота и соли аммония, в щелочной — пропионаты и аммиак.

##### б) цианирование альдегидов

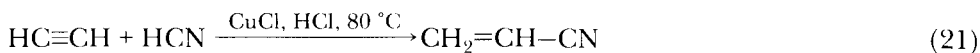
Например, в результате реакции уксусного альдегида с HCN образуется 2-гидроксипропаннитрил, при гидролизе которого образуется молочная кислота:



Эта реакция может быть подготовительным этапом для получения аланина (аминокислоты) и его производных и т. д.

### в) цианирование ацетилена

В результате этой реакции образуется акрилонитрил

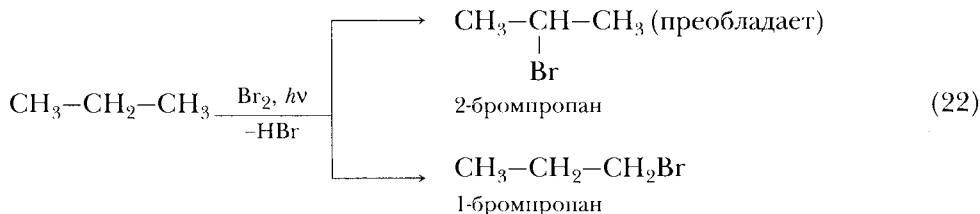


## Введение в молекулу пропана функциональной группы

Важно также рассмотреть, как ввести в молекулу пропана функциональную группу, которая бы заменила атом водорода или при первом, или при втором атоме углерода. Можно использовать следующие способы.

### 1. Замещение атома водорода атомом галогена

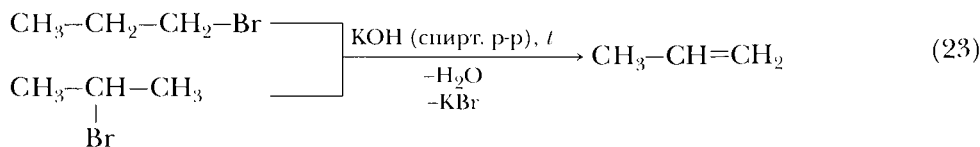
В результате галогенирования неизбежно образуется смесь продуктов. Причем основным продуктом будет являться продукт замещения водорода *при вторичном атоме* углерода (известна закономерность: легче галогенируются третичные, затем вторичные, затем первичные атомы углерода). При бромировании в большей мере соблюдается указанная выше закономерность:



Выделение желаемого изомера из смеси продуктов может оказаться процессом довольно трудоемким. Существует способ получения не смеси изомеров, а одного требуемого продукта. Для этого нужно получить *пропен* и провести реакции, активизирующие или первое, или второе положение в углеродной цепи.

### а) получение пропена

Пропен образуется или в результате каталитического дегидрирования пропана, или в результате дегидрогалогенирования моногалогенидов в спиртовом растворе KOH:



### б) присоединение к пропену $\text{HBr}$ , $\text{H}_2\text{O}$ и др.

Присоединение пойдет по правилу Марковникова, продуктами реакций будут 2-бромпропан, пропанол-2 и др.

### 2. Активизирование первого атома углерода

Для этого можно использовать две возможности.

#### а) присоединение $\text{HBr}$ вести в присутствии перекисей

Реакция пойдет не по ионному, а по радикальному пути, присоединение  $\text{HBr}$  произойдет против правила Марковникова (перекисный эффект Хараши). Присоединение  $\text{HCl}$  или  $\text{HI}$  произойдет в таких же условиях по правилу Марковникова.

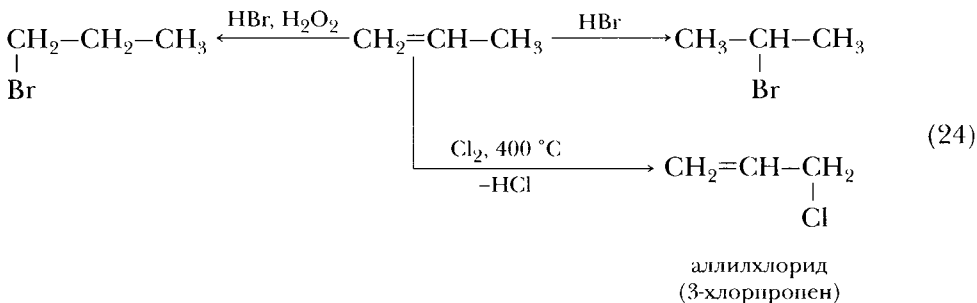
#### б) аллильное хлорирование

Хлорирование алкена при нагревании ( $400\text{--}500^\circ\text{C}$ ) или при облучении затрагивает  $\pi$ -систему. Идет реакция не присоединения, а замещения. Замещается атом водорода в  $\alpha$ -положении по отношению к двойной связи.

В обоих случаях активизирован крайний атом углерода:

Против правила Марковникова

По правилу Марковникова

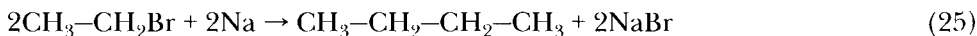


## Получение цепочки из четырех атомов углерода

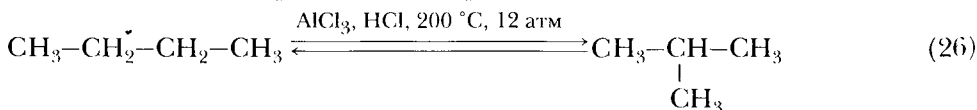
Если уже имеется углеродная цепь из двух атомов (получен этан, этилен или ацетилен в ходе одного из «дебютов»), то для синтеза углеродной цепи из четырех атомов существуют следующие пути:

### 1. Реакция Вюрца

Предварительно надо получить моногалогенид<sup>1</sup> этана. Например:



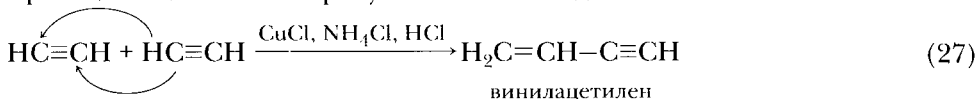
Если в дальнейшем потребуется получить вещество с разветвленной углеродной цепью, можно провести изомеризацию *n*-бутана:



<sup>1</sup> Как известно, легче всего реакция Вюрца протекает с участием иодидов, труднее – с участием бромидов и наиболее трудно – с участием хлоридов.

## 2. Димеризация ацетилена

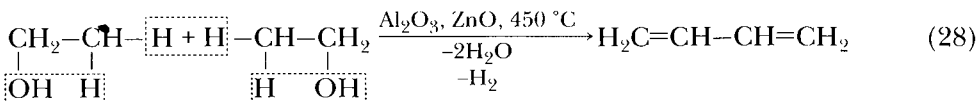
В некоторых ситуациях чрезвычайно полезной может оказаться реакция димеризации ацетилена в присутствии солей одновалентной меди:



Далее открывается путь к получению диеновых соединений, а следовательно, к синтезу каучуков.

## 3. Реакция С.В. Лебедева

Эта реакция позволяет из этанола получить *дивинил*. Открывается путь к получению *дивинилового каучука*, хотя выход дивинила в *реакции Лебедева* обычно невысокий:

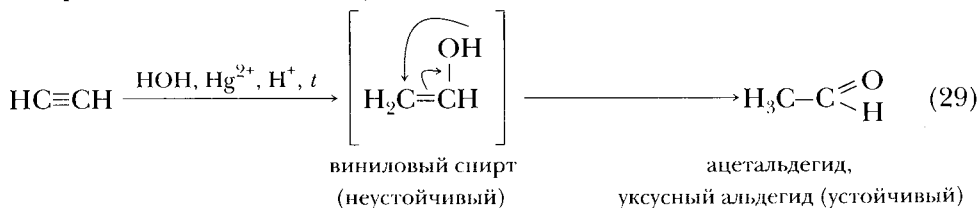


## 4. Получение веществ, в молекулах которых заместитель находится у крайнего углеродного атома

Можно осуществить следующие синтезы.

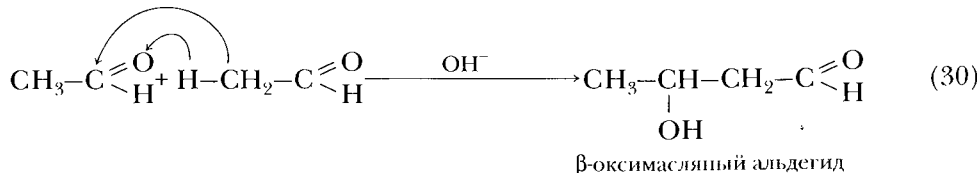
### а) гидратация ацетилена (реакция Кучерова).

Эта реакция позволяет получить *ацетальдегид*:



### б) альдольная конденсация

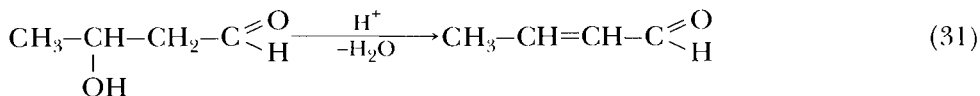
Альдегиды, в молекулах которых есть водородные атомы, соединенные с α-углеродными, способны вступать в реакцию альдольной конденсации. Уксусный альдегид (ацетальдегид) вступает в такую реакцию, в результате получается β-оксимасляный альдегид (β-гидроксибутаналь):



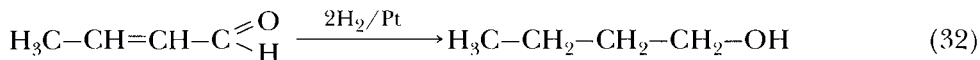
### в) кротоновая конденсация

Избавиться от гидроксигруппы можно в кислой среде, происходит кротоновая конденсация, в результате получаем кротоновый альдегид (бутен-2-аль):





Теперь можно провести каталитическое восстановление кротонового альдегида и получить бутанол-1:



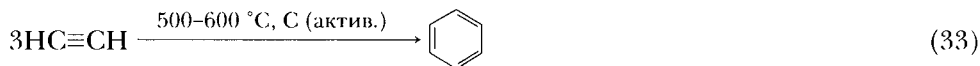
Гидроксогруппу можно заместить на какую-либо другую группу или на галоген.

### 5. Получение масляной кислоты и ее производных, бутиламина и др.

Получим аллилхлорид или аллилбромид (24), гидрируем его до образования пропилхлорида или пропилбромид, обработаем его цианидом калия. Полученный бутаннитрил подвергнем гидролизу аналогично (18), (19). Образуется масляная кислота.

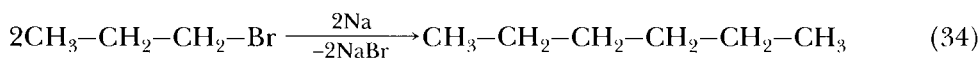
## Получение ароматических соединений

### 1. Тримеризация ацетилена и его гомологов (реакция Берглю — Зеллинского)

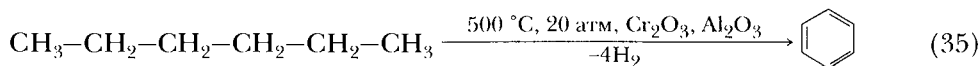


Использование в этой реакции активированного угля, предложенное Н.Д. Зеллинским, позволяет увеличить выход бензола до 70 %.

### 2. Синтез *n*-гексана по реакции Вюрца

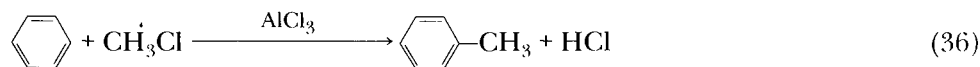


При дегидроциклизации *n*-гексана образуется бензол:



### 3. Введение в бензольное кольцо алкильного или ацильного радикала

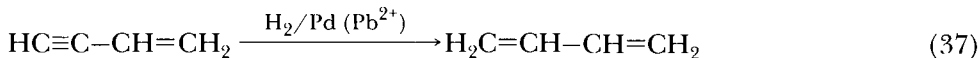
Проводится реакция Фриделя — Крафтса (алкилирование или ацилирование бензола алкил- или ацилгалогенидами). Например:



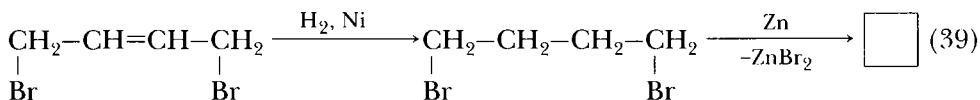
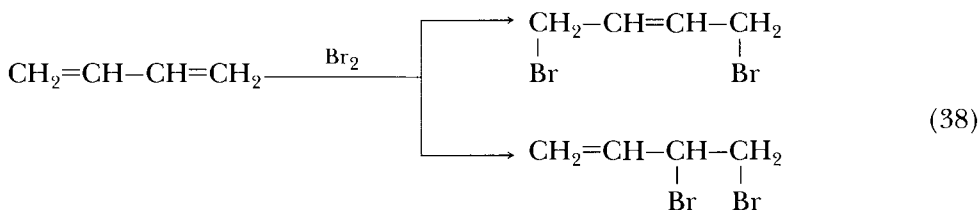
# Примеры решения закрытых цепочек

## C → циклобутан

Проводим реакцию (6), затем (3) или (4), после этого – (27). Затем гидрируем полученный винилацетилен. Гидрирование на палладию, отравленном солями свинца (*катализатор Линдлара*) происходит избирательно – оно идет только по тройной связи:



Теперь бромлируем дивинил, происходит как 1,2-, так и 1,4-присоединение:



Дивинил также можно было получить, используя *реакцию Лебедева*. В этом случае, получив ацетилен, его надо гидрировать с помощью *катализатора Линдлара*, образуется этилен. Этилен легко гидратируется в кислой среде с образованием этанола. Далее можно получить дивинил по *реакции Лебедева* (28).

## Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> → трибутират глицерина

Разобьем эту задачу на несколько более простых: надо получить глицерин, масляную кислоту и провести этерификацию.

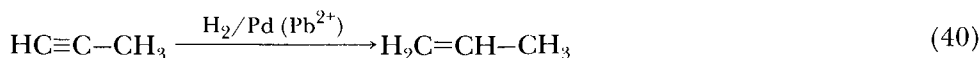
«Дебют»

Сначала получим метан гидролизом карбида алюминия (1) или (2), проведем неполный пиролиз метана (5) и получим *ацетилен*.

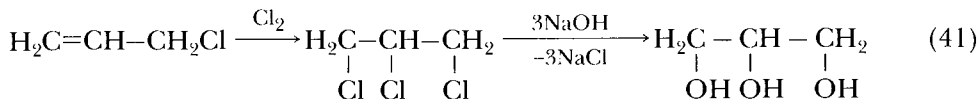
«Миттельшпиль»

**а) получение глицерина**

Получим ацетиленид натрия, алкилируем его и получим пропин (17). Но гидрирование проведем при участии *катализатора Линдлара*, чтобы получить *пропен*.

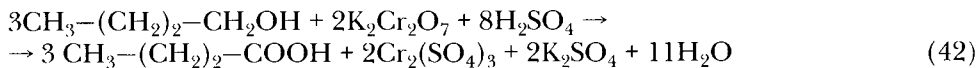


Теперь проведем аллильное хлорирование (21) и получим 3-хлорпропен, или аллилхлорид. Теперь, чтобы получить глицерин<sup>1</sup>, можно присоединить хлор по двойной связи (в мягких условиях), а затем провести щелочной гидролиз:



### б) получение масляной кислоты

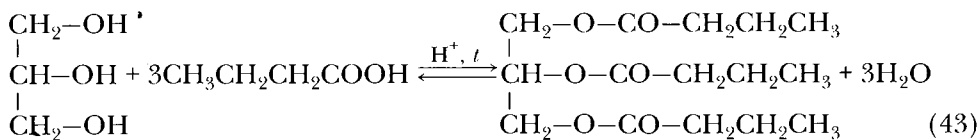
Ацетилен вступает в реакцию Кучерова (29), образовавшийся уксусный альдегид в щелочной среде в результате альдольной конденсации дает 3-гидроксипропаналь (30). Далее проводим кротоновую конденсацию (31) и гидрируем кротоновый альдегид. Образовавшийся бутиловый спирт окисляем и получаем масляную кислоту:



Существует еще один способ. Полученный ранее аллилхлорид гидрировать. Образуется пропилхлорид. Далее обработать его цианидом калия и получить бутаннитрил, в результате гидролиза которого образуется масляная кислота. (Аналогичные примеры (18) и (19).)

### «Эндшпиль»

Проводим этерификацию глицерина масляной кислотой:



<sup>1</sup> В промышленности получают аллилхлорид, омыляют его раствором соды в аллиловый спирт, хлорируют последний при низкой температуре и вновь омыляют. Глицерин получают также через присоединение HClO к аллиловому спирту и последующий гидролиз образовавшегося соединения.

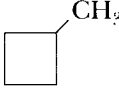

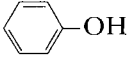
# Приложение 1

## Физические величины, их обозначение и единицы измерения

Физическая величина	Обозначение	Единица измерения
Время	$t$	с
Давление	$p$	Па, кПа
Количество вещества	$\nu$ или $n$	моль
Масса вещества	$m$	кг, г
Массовая доля	$w$	—
Молярная масса	$M$	кг/моль, г/моль
Молярный объем	$V_n$	м <sup>3</sup> /моль, л/моль
Объем вещества	$V$	м <sup>3</sup> , л
Объемная доля	$\varphi$	—
Относительная атомная масса	$A_r$	—
Относительная молекулярная масса	$M_r$	—
Относительная плотность газа А по газу Б	$D_B(A)$	—
Плотность вещества	$\rho$	кг/м <sup>3</sup> , г/см <sup>3</sup> , г/мл
Постоянная Авогадро	$N_A$	моль <sup>-1</sup>
Температура абсолютная	$T$	К (градус Кельвина)
Температура по шкале Цельсия	$t$	°С (градус Цельсия)
Тепловой эффект химической реакции	$Q$	кДж/моль

# Приложение 2

## Основные классы органических веществ

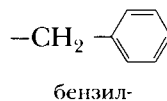
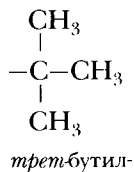
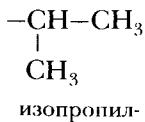
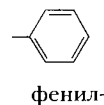
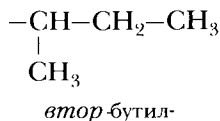
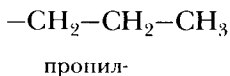
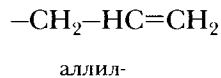
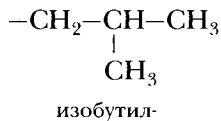
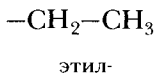
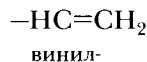
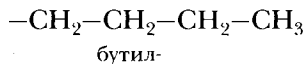
Класс	Представители класса	
Алканы	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <i>n</i> -бутан	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 2-метилбутан
Алкены	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ бутен-1	$\text{H}_2\text{C}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 2-метилбутен-1
Алкины	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ бутин-1	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ бутин-2
Алкадиены	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3	$\text{H}_2\text{C}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-метилбутадиен-1,3
Циклоалканы	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}$ циклобутан	или  метилциклобутан
Арены	 бензол	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$ 1,4-диметилбензол
Спирты	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}-\text{CH}_2$ бутанол-1	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ бутанол-2
Фенолы	 фенол	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ 4-метилфенол
Простые эфиры	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$ метоксибутан (метилбутиловый эфир)	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ этоксиэтан (диэтиловый эфир)

Класс	Представители класса	
Альдегиды	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">бутаналь</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">2-метилбутаналь</p>
Кетоны	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">бутанон-2</p>	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">3-метилбутанон-2</p>
Карбоновые кислоты	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">бутановая кислота</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">2-метилбутановая кислота</p>
Сложные эфиры	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">метилбутаноат (метилбутират) (метиловый эфир масляной кислоты)</p> $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">бутилэаноат (бутилацетат) (бутиловый эфир уксусной кислоты)</p>	
Амины	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ <p style="text-align: center;">бутанамин-1 (бутиламин)</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">N-метилбутанамин-1 (метилбутиламин)</p>	
Аминокислоты	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">2-аминобутановая кислота</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">2-амино-2-метилбутановая кислота</p>

Класс	Представители класса	
Нитрилы	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{N}$ бутаннитрил	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-метилбутаннитрил
Нитросоединения	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NO}_2$ 1-нитробутан	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{NO}_2 \end{array}$ 2-нитробутан
Тиоспирты	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$ бутантиол-1	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{SH} \end{array}$ бутантиол-2

### Приложение 3

#### Названия некоторых радикалов



Определяемое вещество или класс веществ	Реагент	Признаки реакции	Пример (уравнение реакции)
Вещества, в молекулах которых имеются кратные связи	Бромная вода	Бромная вода обесцвечивается	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{Br}_2} \begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$
	Раствор $\text{KMnO}_4$	Раствор $\text{KMnO}_4$ обесцвечивается или меняет окраску	$\begin{array}{c} \text{KMnO}_4 \\ \text{H}_2\text{O} \\ \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{-\text{MnO}_2} \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \\ -\text{KOH} \end{array}$
Первичные и вторичные спирты	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}_2\text{SO}_4$	Оранжевая окраска меняется на зеленую	$\begin{array}{l} 3\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \\ \rightarrow 3\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{O} \end{array}$
	$\text{CuO}$ при нагревании	Окраска меняется с черной ( $\text{CuO}$ ) на розовую ( $\text{Cu}$ )	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow[\text{-Cu}]{\text{CuO, /}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array} - \text{H}_2\text{O}$



Определяемое вещество или класс веществ	Реагент	Признаки реакции	Пример (уравнение реакции)
Многоатомные спирты	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	Осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ растворяется, раствор приобретает интенсивную синюю окраску	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{---OH} \\    \\  2\text{CH---OH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{HC---O} \\    \\  \text{CH}_2\text{---OH}  \end{array}  $
Альдегиды	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ при нагревании	Образование красно-коричневого осадка оксида меди (I) $\text{Cu}_2\text{O}$	$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C---C=O} \\    \\  \text{H}  \end{array}  \xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{\text{Cu}(\text{OH})_2, t}  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C---C=O} \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $
Карбоновые кислоты	$\text{Ag}_2\text{O}$ , аммиачный раствор (реактив Тол-ленса) при нагревании	На стенках пробирки образуется серебряное зеркало. Возможно выпадение осадка серебра во всем объеме раствора	$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C---C=O} \\    \\  \text{H}  \end{array}  \xrightarrow[\text{-2AgI}]{\text{Ag}_2\text{O (амм. р.р.), t}}  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C---C=O} \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $
Индикаторы	Индикаторы	В присутствии кислот лакмус меняет окраску с фиолетовой на красную	---

Алкилгалогениды	Медную проволоку, смоченную в пробе вещества, вносят в пламя спиртовки	Пламя приобретает окраску ( <i>проба Бельштейна</i> )	—
Фенол	Бромная вода	Бромная вода обесцвечивается, выпадает белый осадок	$\text{OH} \begin{array}{c} \text{---} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{array} \xrightarrow[-3\text{HBr}]{3\text{Br}_2} \begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_2(\text{Br})_3 \end{array} \downarrow$
	Раствор $\text{FeCl}_3$	Раствор приобретает фиолетовую окраску	Образуется комплексное соединение фенола с железом
Анилин	Бромная вода	Бромная вода обесцвечивается, выпадает белый осадок	$\text{NH}_2 \begin{array}{c} \text{---} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{array} \xrightarrow[-3\text{HBr}]{3\text{Br}_2} \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_2(\text{Br})_3 \end{array} \downarrow$
Белки	$\text{CuSO}_4$ раствор (несколько капель) + $\text{NaOH}$ раствор	Появляется синеволетовое окрашивание ( <i>биуретовая реакция</i> )	—
	Нагревание с $\text{HNO}_3$ (конц.)	Появляется желтое окрашивание	

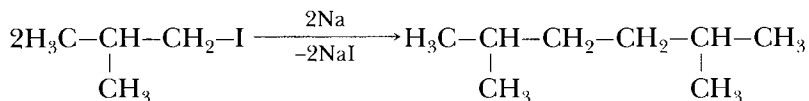
# Приложение 5

## Некоторые именные реакции

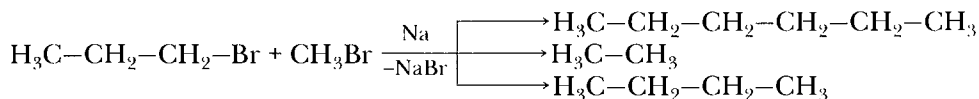
### Реакция Вюрца

Реакция галогенидов алканов с металлическим натрием. В результате образуется алкан с более сложной углеродной цепью.

Легче реакция происходит с алкилиодидами и алкилбромидами, труднее – с алкилхлоридами.



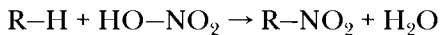
Если обработать натрием смесь алкилгалогенидов, образуется смесь алканов:



Реакция Вюрца используется для первичных алкилгалогенидов. Для вторичных алкилгалогенидов не имеет практического значения, так как в основном происходит отщепление галогеноводорода и выход целевого продукта составляет всего 10–15 %.

### Реакция Коновалова

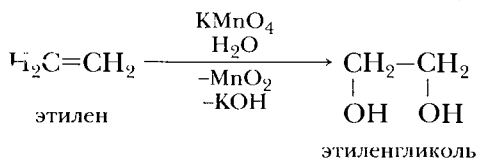
Реакция нитрования алканов или циклоалканов. Замещение водорода на нитрогруппу  $-\text{NO}_2$  при нитровании разбавленной азотной кислотой (*жидкофазное нитрование*) при повышенном или нормальном давлении. Оптимальная температура нитрования алканов 110–140 °С,  $w(\text{HNO}_3) \approx 14\%$ . Наиболее легко замещаются атомы водорода при третичном атоме углерода, труднее – у вторичного, наиболее трудно – у первичного. Образуются нитросоединения.



### Реакция Вагнера (*проба Байера*)

Окисление соединений, содержащих двойную связь  $\text{C}=\text{C}$  (алкенов и др.) с образованием гликолей (двухатомных спиртов) под действием перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ .

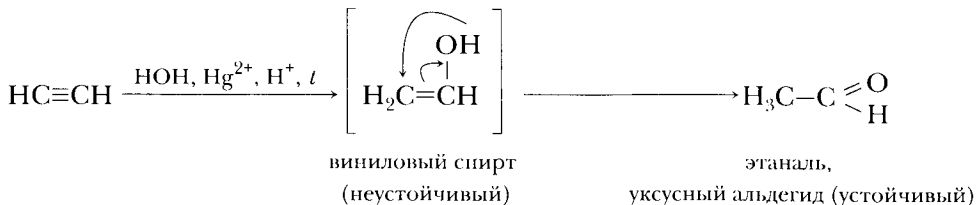
Реакцию осуществляют при 0–10 °С в органическом растворителе в нейтральной или щелочной среде при низких концентрациях  $\text{KMnO}_4$  ( $w \approx 1\%$ ). Признак реакции – изменение цвета раствора  $\text{KMnO}_4$ .



## Реакция Кучерова

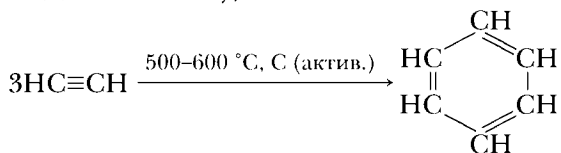
Гидратация алкинов в присутствии солей двухвалентной ртути. Продуктами реакции являются кетоны (и только в случае гидратации ацетилена – уксусный альдегид, этаналь).

Процесс производят в водном растворе, катализатор обычно  $\text{HgSO}_4$  в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Присоединение  $\text{H}_2\text{O}$  происходит *по правилу Марковникова*. На первой стадии образуются *енолы* (соединения, в молекулах которых гидроксогруппы соединены с атомом углерода при двойной связи). Енолы очень неустойчивы, происходит *перегруппировка Эльтекова*, и образуются соединения, содержащие карбонильную группу  $\text{C}=\text{O}$ .



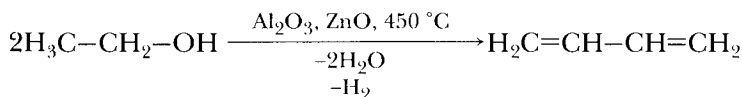
## Реакция Бертело – Зелинского

Каталитическая тримеризация ацетилена с образованием бензола при нагревании и при повышенном давлении. Катализатор – активированный уголь (по Н.Д. Зелинскому).



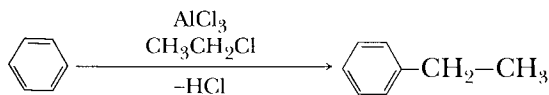
## Реакция Лебедева

Получение дивинила из этилового спирта совместной дегидратацией и дегидрированием:

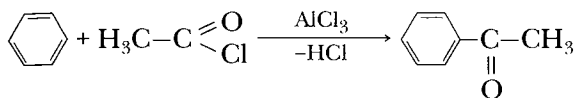


## Реакция Фриделя – Крафтса

а) Алкилирование по Фриделю – Крафтсу – введение в бензольное кольцо (ароматическую систему) алкильного радикала с помощью алкилгалогенида. Например, получение толуола:

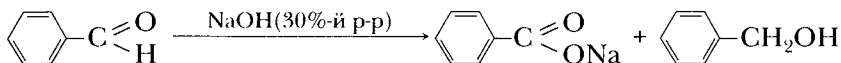


б) Ацилирование по Фриделю – Крафтсу – введение в бензольное кольцо (или в ароматическую систему) ацильного радикала с помощью ацилгалогенида. Например, получим метилфенилкетон ацилированием бензола ацetylхлоридом:



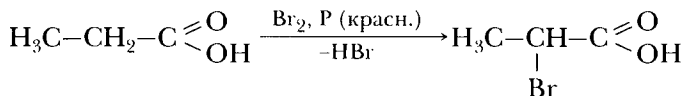
### Реакция Канницаро

Диспропорционирование в щелочной среде альдегидов, не имеющих в молекуле  $\alpha$ -водородных атомов.



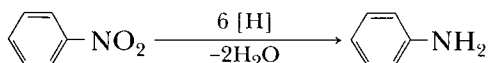
### Реакция Гелля – Фольгарда – Зелинского

Замещение  $\alpha$ -водородных атомов в молекулах карбоновых кислот на бром. Бромирование ведется в присутствии катализатора  $\text{PBr}_3$ . Бромид фосфора образуется при взаимодействии красного фосфора с бромом:



### Реакция Зинина

Восстановление ароматических нитросоединений до аминов.



Восстановление проводится атомарным водородом «в момент выделения», который образуется в ходе реакции Fe или Sn с 30%-м раствором соляной кислоты.

# Ответы к задачам

## Глава 2

- 2-26.  $C_5H_{12}$ .  
2-27.  $C_4H_{10}$ .  
2-28.  $(n+1) \cdot (7n+1)$ .  
2-29. 1,034; 15; 1,517; 22.  
2-30.  $C_7H_{16}$ .  
2-32. 25 % и 75 %.  
2-33. 14,7 % и 85,3 %; 25 % и 75 %.  
2-34. 84,74 %; 3,42 %; 3,76 %;  
3,96 %; 2,87 %; 1,25 %;  
0,606.  
2-37.  $C_4H_{10}$ .  
2-38.  $C_6H_{14}$ .  
2-39.  $C_3H_8$ .  
2-40. Этан.  
2-41.  $NaHCO_3$ , 28 л (н. у.).  
2-42. Пропан.  
2-43. 16 л; 18 л.  
2-44. 80 %; 20 %.  
2-45. 60 %; 40 %.  
2-46. 44,8 л (н. у.).  
2-47. 6,72 л (н. у.).  
2-48. 191,8 г.  
2-49. 77,8 % и 22,2 %.  
2-60. 50 % и 50 %; 35,5 % и 64,5 %;  
3,845.  
2-61. 75 % и 25 %.  
2-62.  $C_4H_8$ .  
2-63. 25 % и 75 %; 26,25.

## Глава 3

- 3-38.  $C_4H_8$ .  
3-39.  $C_6H_{12}$ .  
3-40. 85,71 %.  
3-41. 26,4 г и 13,44 л; 20,1 л.  
3-42. 32 г.  
3-43. 11,5 г.  
3-44. 3,1 г.  
3-45. 73 г.  
3-46. 13,5 г.  
3-47. 37,5 % и 62,5 %.

- 3-48. 4,8 г и 24 %.  
3-49. 20,2 г.  
3-50. 41,1 г.  
3-51. 53,8 % и 46,2 %; 40 % и 60 %;  
1,434.  
3-52. 22,2 % и 77,8 %; 30 % и 70 %;  
1,35.  
3-53.  $2/3$  и  $1/3$ ; 50 % и 50 %.  
3-54. 12 л.  
3-55. 30 л.  
3-56. 75 % и 25 %; 1,625; 96,3 %  
и 3,7 %.  
3-57. 20 % и 80 %; 1,28; 90 %  
и 10 %.  
3-58.  $C_3H_6$ .  
3-59.  $C_6H_{12}$ .  
3-60.  $C_4H_8$ .  
3-61.  $C_3H_8$ ; пропан.  
3-62.  $C_6H_{12}$ .  
3-63.  $C_5H_{10}$ ; пентен.  
3-64.  $C_2H_4$ .  
3-65.  $C_3H_6$ .  
3-66.  $C_3H_6$ .  
3-67.  $C_4H_8$ .

## Глава 4

- 4-25. 70 л.  
4-26. 5 л; 18,48 л.  
4-27. 38,1 л; 533,3 л.  
4-28. 4,752 г.  
4-29. 69,2 г.  
4-30. 86,5 г; 80 г.  
4-31. 28,8 г; 25,6 г.  
4-32.  $39,82 \text{ м}^3$ .  
4-33. 8,82 г; 7,35 г.  
4-34. 80 %.  
4-35. 75 %.  
4-36. 12,6 л (н. у.).  
4-37. 11 г.  
4-38. 50 г.  
4-39.  $21 \text{ м}^3$ .

- 4-40. 50,6 % и 49,4 %; 40 % и 60 %;  
1,09.
- 4-41. 34,2 % и 65,8 %; 20 % и 80 %;  
15,8.
- 4-42. 25 % и 75 %.
- 4-43. 48,15 % и 51,85 %.
- 4-44. 40 % и 60 %.
- 4-45. 20 % и 80 %; 1,04.
- 4-46. 25 % и 75 %; 13,75.
- 4-47. 40 % и 60 %.
- 4-48. 25 % и 75 %.
- 4-49.  $C_3H_4$ .
- 4-50.  $C_5H_8$ .
- 4-51.  $C_3H_4$ .
- 4-52.  $C_4H_6$ .
- 4-53.  $C_3H_4$ .
- 4-54.  $C_3H_4$ .
- 4-55.  $C_2H_2$ .
- 4-56.  $C_5H_8$ .
- 4-57.  $C_4H_6Br_4$ .
- 4-58.  $C_5H_8Br_4$ .
- 4-59.  $C_2H_4Br_2$ .

### Глава 5

- 5-18. 40 г.
- 5-19. 8,96 л.
- 5-21.  $C_4H_6$ .
- 5-22.  $C_6H_8$ .
- 5-23. 20 %.
- 5-24. 960,25 л.

### Глава 6

- 6-14.  $C_6H_6$ .
- 6-15. 85 %.
- 6-16. 75 %.
- 6-17. 90 %.
- 6-18. 12,7 %.
- 6-19. 1,64 %; 1111 т.
- 6-36. 87,6 %.
- 6-37. 58 %, 4 %, 38 %;  $\approx$  46 г.
- 6-38.  $C_7H_8$ .
- 6-39.  $C_8H_{10}$ .

### Глава 7

- 7-30. 6,05 моль/л.
- 7-31. 1,68 л.
- 7-32. 1,12 л.
- 7-33. 60 %.
- 7-34. 59 % и 41 %.
- 7-35. 52,9 % и 47,1 %.
- 7-36. 56,6 %.
- 7-37. 55,7 %, 58,7 мл.
- 7-38. 52 632 т; 368 420,9
- 7-39.  $C_3H_8O$ .
- 7-40.  $C_4H_9CH_2OH$ .
- 7-41.  $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ .
- 7-42.  $C_{10}H_{20}O$ .
- 7-43.  $C_3H_8O$ .
- 7-59. 16,4 г.
- 7-60. 55,6 %; 38,5 %.
- 7-61. 16,55 г.
- 7-62. 5 %.
- 7-63. 72,73 мл.
- 7-64. 14,1 %.
- 7-65. 1,6 моль.
- 7-66. 40 % и 12 %.
- 7-67. 50 %.
- 7-68. 22,17 % и 77,83 %.
- 7-69. 53,9 %.
- 7-70. 36,9 %.

### Глава 8

- 8-34.  $C_2H_6O$ .
- 8-35.  $C_4H_8O$ .
- 8-36. 10,8 г.
- 8-37. 34,56 г.
- 8-38. 1,98 л.
- 8-39. 90 %.
- 8-40. 75,21 %; 24,79 %.
- 8-41.  $C_4H_8O$ .
- 8-42.  $C_3H_6O$ .
- 8-43.  $C_2H_4O$ .
- 8-44.  $C_3H_6O$ .
- 8-45.  $C_4H_8O$ .
- 8-46. По 50 %.
- 8-47. 91 %.
- 8-48.  $C_3H_6O$ .

### Глава 9

- 9-24. 22,5 мл; 177,5 мл.  
9-25. 15,2 %.  
9-26. 7,2 %  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
и 8 %  $\text{HCOOH}$ .  
9-27. 8,2 г.  
9-28. 22,17 %.  
9-29. 2,05 г.  
9-30. 3,92 г.  
9-31. 16,8 г.  
9-32. 10,25 %.  
9-33. 17,9 %.  
9-34. 14,3 %.  
9-35. 64,9 %.  
9-36. 60 %.  
9-37. 60,5 % и 39,5 %.  
9-38. 44,8 % и 55,2 %.  
9-39.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ .  
9-40.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ .  
9-41.  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{COOH}$ .

### Глава 10

- 10-14. 18,48 г.  
10-15. 26 г.  
10-16. 17,15 г.  
10-17. 55 %.  
10-18. 14,5 г и 10,7 г.  
10-19. 66,7 %.  
10-20.  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ .  
10-21.  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .

### Глава 11

- 11-15.  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ .  
11-16.  $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ .  
11-17.  $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$ .  
11-18. 4,89 г.  
11-19. 34,8 г.  
11-20. 52,5 г.  
11-21. 21 г.  
11-22. 49,2 г.  
11-23. 14,8 г.  
11-24.  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ .  
11-25.  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$ .  
11-26.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ .

### Глава 12

- 12-23.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .  
12-24.  $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_5$ .  
12-25. 313,2 г.

### Глава 13

- 13-31. 20 %.  
13-32. 4,76 %.  
13-33.  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$ .  
13-34.  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N}$ .  
13-35. 60 %.  
13-36. 70 %.  
13-37. Глицин.

### Глава 14

- 14-10.  $1,22 \cdot 10^8 - 1,26 \cdot 10^8 \text{ м}^3$ .  
14-11. 85 000.  
14-12. 5500.  
14-13. 993,7 г; 8,84 г.  
14-14. 629,9 кг; 500,4 кг.  
14-15. 57 % каучука; по 1,71 % серы,  
ускорителей и активаторов.  
14-16. 44,5 кг; 8 кг; 2 кг.



# Оглавление

Предисловие .....	
Глава 1. Введение в курс органической химии ..	
Глава 2. Алканы и циклоалканы .....	
Алканы .....	
Циклоалканы .....	
Глава 3. Алкены .....	
Глава 4. Алкины .....	
Глава 5. Алкадиены .....	
Глава 6. Ароматические углеводороды .....	
Бензол .....	
Гомологи бензола .....	
Глава 7. Спирты и фенолы .....	
Спирты .....	
Фенолы .....	
Глава 8. Альдегиды и кетоны .....	
Глава 9. Карбоновые кислоты .....	
Глава 10. Сложные эфиры. Жиры .....	
Глава 11. Амины .....	
Глава 12. Углеводы .....	
Глава 13. Аминокислоты. Белки .....	
Глава 14. Полимеры .....	
Глава 15. Примеры решения расчетных задач .....	
Глава 16. Рекомендации к выполнению заданий на генетическую связь между классами органических веществ .....	

*Приложение 1.* .....

Физические величины,  
их обозначение и единицы измерения

*Приложение 2.* .....

Основные классы органических веществ .....

*Приложение 3.* .....

Названия некоторых радикалов .....

*Приложение 4.* .....

Качественные реакции органических веществ .....

*Приложение 5.* .....

Некоторые именные реакции .....

Ответы к задачам .....

