

В.Б. Воловик, Е.Д. Крутецкая

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УПРАЖНЕНИЯ И ЗАДАЧИ



В. Б. Воловик, Е. Д. Крутецкая

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УПРАЖНЕНИЯ И ЗАДАЧИ

Пособие для старшеклассников

*Рекомендовано к изданию
Комитетом по образованию Санкт-Петербурга*



**Санкт-Петербург
Изд-во А. Кардакова
2004**

Рецензенты:

И. С. Дмитриев — д-р хим. наук, профессор СПбГУ

Т. Т. Буровцева — зав. кабинетом химии СПбГУПМ,
заслуженный учитель РФ

А. Г. Введенская — зав. кабинетом химии ЛОИРО

B67 **Воловик В. Б., Крутецкая Е. Д.**
 Органическая химия: Упражнения и задачи: Пособие для старшеклассников.— СПб.: Изд-во А. Кардакова, 2004.— 144 с.: ил.

ISBN 5-98175-002-2

В пособии рассматриваются упражнения и расчетные задачи по курсу органической химии средней школы. Приводятся решения типовых задач. Включены задачи и упражнения повышенной сложности, используемые на вступительных экзаменах в химические и медицинские вузы.

Предназначено для учащихся и выпускников всех типов учебных заведений.

УДК 373.54

ISBN 5-98175-002-2

© В.Б. Воловик, 2004

© Е.Д. Крутецкая, 2004

© Изд-во А. Кардакова, 2004

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие адресовано учителям химии и учащимся средних общеобразовательных школ, учреждений начального профессионального образования, абитуриентам медицинских, химических и других вузов. Оно составлено в соответствии с программой по органической химии базового и углубленного уровня и может быть использовано на уроках, на факультативных занятиях, при выполнении домашних заданий, при подготовке к экзаменам.

В пособие включены упражнения и расчетные задачи разной степени сложности, что дает возможность преподавателю дифференцировать работу с учащимися на уроках и разнообразить домашние задания.

Главы данной книги соответствуют темам, изучаемым в курсе органической химии. По каждой теме составлены упражнения, позволяющие учащимся глубже усвоить особенности строения, изомерии, номенклатуры основных классов органических соединений, а также упражнения, для выполнения которых необходимо знать химические свойства веществ, способы их получения, генетическую связь между ними.

Ряд заданий снабжен ответами и пояснениями, что дает возможность использовать пособие для самостоятельной работы при подготовке к выпускным экзаменам в школе и вступительным экзаменам в вузы.

Большое количество упражнений составлено так, что требует не простого воспроизведения известных фактов, а предусматривает их анализ, обоснование ответа, что способствует развитию логического мышления учащихся.

В каждом параграфе перед упражнениями дано краткое теоретическое вступление, которое не заменяет учебника, но позволяет актуализировать основные химические понятия, необходимые для выполнения заданий. Необходимо отметить, что наряду с заместительной номенклатурой органических соединений авторы используют и тривиальные названия наиболее распространенных соединений (муравьиная кислота, уксусная кислота, глицерин и т. д.): В названиях непредельных соединений, спиртов, кетонов цифры, указывающие положение кратной связи и функциональных групп, постав-

лены в конце названия, так как именно этот вариант номенклатуры использован в большинстве школьных учебников по органической химии и, следовательно, это более знакомо и понятно учащимся.

Кроме упражнений по каждой теме предложены расчетные задачи тех типов, которые предусмотрены программой средней школы:

а) определение молекулярной формулы вещества;

б) вычисления по химическим уравнениям, если исходные вещества даны в виде растворов с определенной массовой долей растворенного вещества или содержат примеси;

в) вычисления по химическим уравнениям, если одно из исходных веществ взято в избытке;

г) определение массы продукта реакции, если известна массовая доля выхода его от теоретически возможного, и некоторые комбинированные задачи.

В приложении приведено решение типовых задач к § 1, помеченных *, а к остальным задачам, которые решаются аналогично, даны только ответы.

В последнюю главу включены задачи и упражнения повышенной сложности. Задачи такого типа встречаются на вступительных экзаменах в вузы и на выпускных экзаменах по углубленному курсу химии.

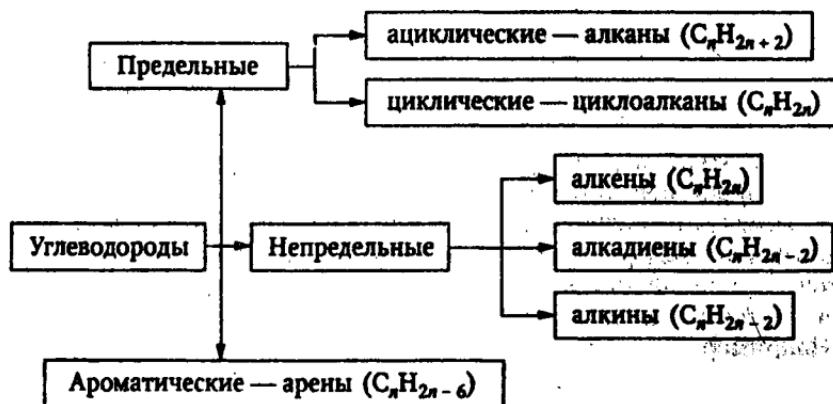
Авторы с благодарностью примут все замечания и предложения, которые просят направлять по адресу:

Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 11, СПбГУПМ, кабинет химии.

Часть I

УГЛЕВОДОРОДЫ

Углеводороды — органические вещества, состоящие из углерода и водорода.



§ 1. АЛКАНЫ (ПАРАФИНЫ)

Предельные углеводороды — углеводороды, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой простой (одинарной) связью.

Алканы — ациклические предельные углеводороды.

Общая формула C_nH_{2n+2}.

Номенклатура

1. Выбрать самую длинную цепь атомов углерода и пронумеровать с того конца, к которому ближе стоит простейший углеводородный радикал.

Радикал — группа атомов, обладающая свободной валентностью (имеющая неспаренный электрон).

Название углеводородных радикалов производится от названий соответствующих углеводородов заменой суффикса **-ан** на **-ил**.

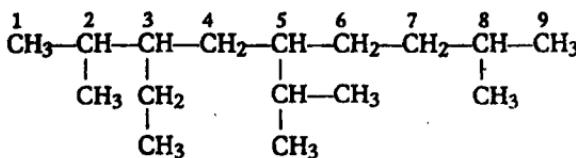
CH_3 — метил, C_2H_5 — этил.

| | | |
|-------------------|---|------------------------------------|
| Радикалы пропана: | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ | — пропил; |
| | $\text{CH}_3-\underset{ }{\text{CH}}-\text{CH}_3$ | — вторичный пропил (изопропил); |
| Радикалы бутана: | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ | — бутил; |
| | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{ }{\text{CH}}-\text{CH}_3$ | — вторичный бутил (втор-бутил); |
| | $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$ | — изобутил; |
| | $\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3$ | — третичный бутил (трет-бутил). |

2. Назвать номер атома углерода, с которым связан радикал (начиная с простейшего радикала).

3. Назвать радикалы в алфавитном порядке без учета приставок. Если одинаковых радикалов несколько, то перед названием указывается их количество: *ди-, три-, четырьмя-, пятью-* и т. д.

4. Назвать углеводород, которому соответствует главная цепь. Например:



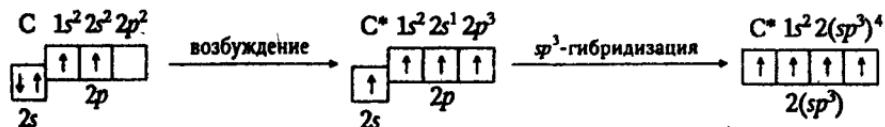
5-изопропил-2,8-диметил-3-этилнонан

Изомерия

Изомерия строения углеродного скелета (цепи).

Строение

Атомы в молекулах алканов связаны с σ -связями. Атомы углерода находятся в состоянии sp^3 -гибридизации:



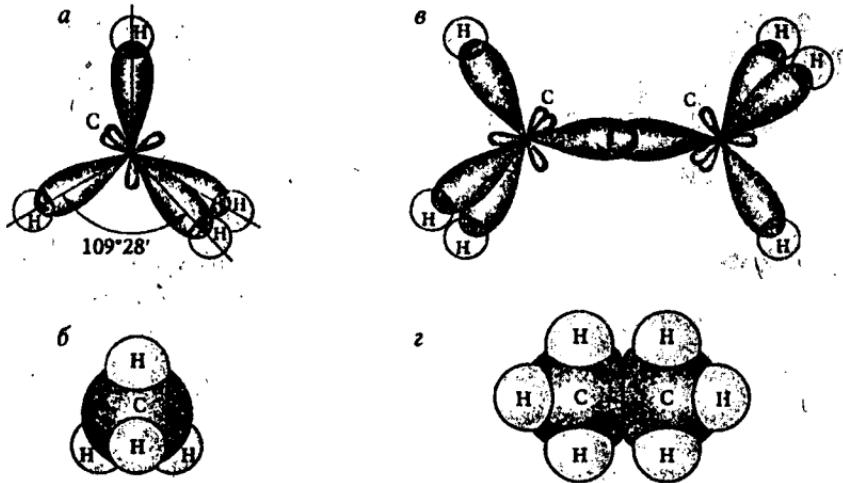


Рис. 1. Строение молекулы алканов:

а — схема образования σ -связей в молекуле метана; *б* — модель молекулы метана;
в — схема образования σ -связей в молекуле этана; *г* — модель молекулы этана

Гибридные электронные облака располагаются под углом $109^{\circ}28'$, т. е. по осям правильного тетраэдра (рис. 1).

Молекулы алканов имеют зигзагообразное строение, вокруг σ -связей атомы свободно вращаются.

Свойства алканов обусловлены их строением. Для алканов наиболее характерны реакции замещения, идущие по свободно-радикальному механизму.

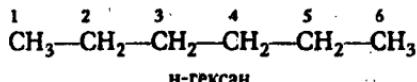
Упражнения и задачи

1-1. Из предложенных формул выберите формулы алканов: C_5H_{12} , C_9H_{18} , C_8H_{18} , $C_{10}H_{22}$, $C_{11}H_{24}$, $C_{12}H_{24}$, $C_{15}H_{30}$, $C_{16}H_{34}$, $C_{27}H_{56}$, $C_{31}H_{62}$.

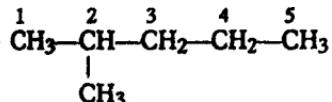
1-2. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_6H_{14} . Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

Решение:

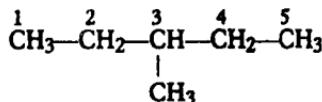
1. Составим графическую формулу углеводорода с неразветвленной углеродной цепью (такое строение называется нормальным):



2. Уменьшим главную цепь на один атом углерода и рассмотрим все возможные положения шестого атома углерода.

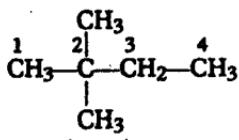


2-метилпентан

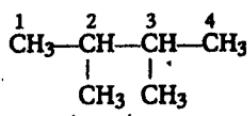


3-метилпентан

3. Уменьшим главную цепь еще на один атом углерода. Зафиксируем положение одного из оставшихся углеродных атомов и рассмотрим все возможные положения второго атома углерода.

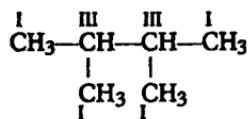
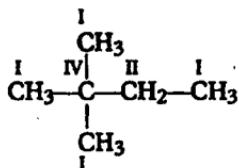


фиксированное
положение атома
2,2-диметилбутан



фиксированное
положение атома
2,3-диметилбутан

Атом углерода, который соединен с **одним** атомом углерода, называется **первичным**, с **двумя** атомами углерода — **вторичным**, с **тремя** атомами углерода — **третичным**, с **четырьмя** атомами углерода — **четвертичным**. Обозначим это римскими цифрами:

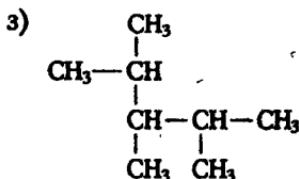
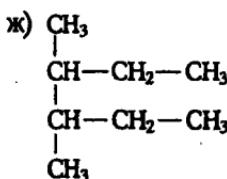
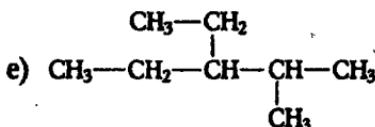
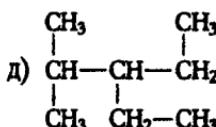
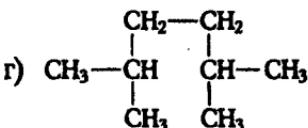
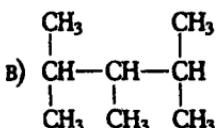
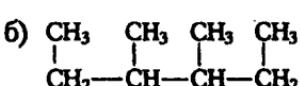
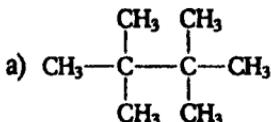


1-3. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_7H_{16} . Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

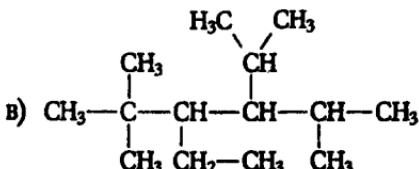
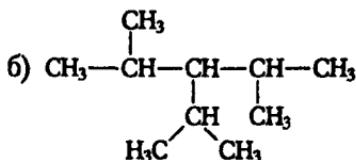
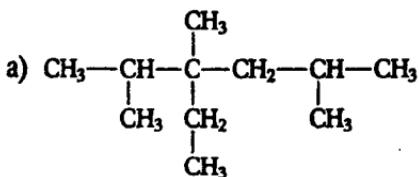
1-4. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_8H_{18} . Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

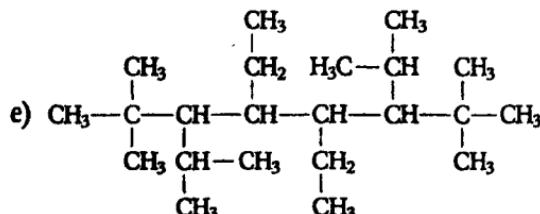
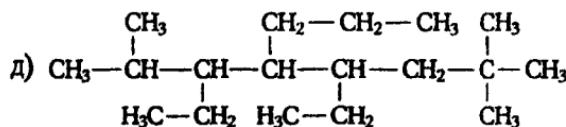
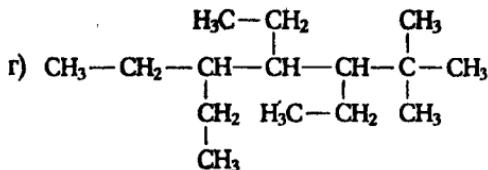
1-5. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава $C_{10}H_{22}$, в которых главная цепь состоит: а) из шести атомов углерода; б) из пяти атомов углерода. Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

1-6. Сколько веществ изображено данными графическими формулами? Какие из них изомерны друг другу?

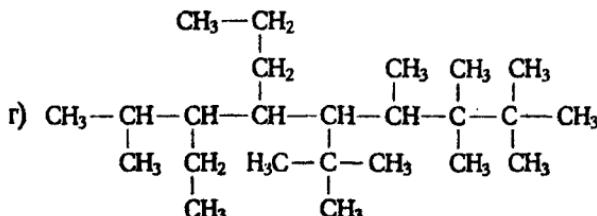
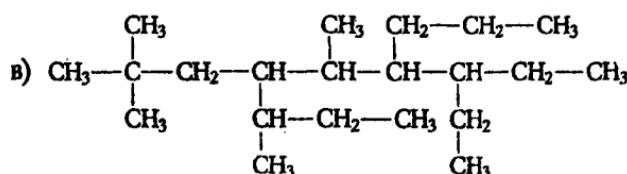
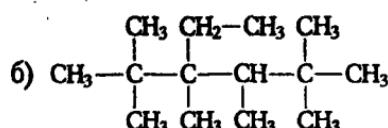
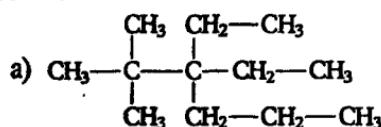


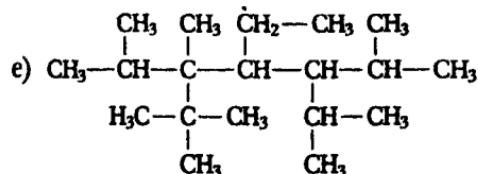
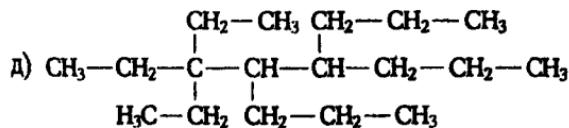
1-7. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:



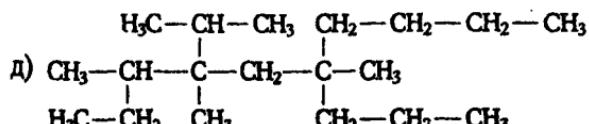
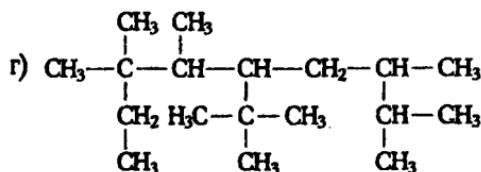
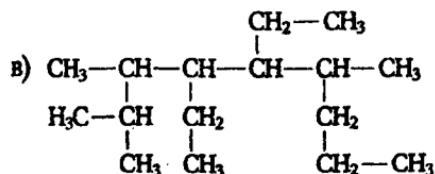
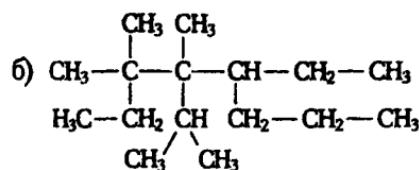
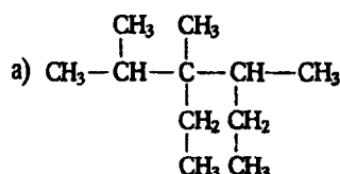


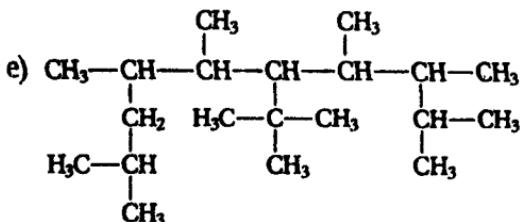
1-8. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:





1-9. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:





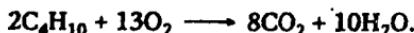
1-10. Напишите графические формулы следующих веществ:

- 2-метил-3-этилгептан;
- 2,2,3- trimетилбутан
- 3-метил-4-пропилгептан;
- 3-изопропил-2,2-диметилгексан;
- 4-трет-бутил-3-этилоктан;
- 2,3,4,4,8-пентаметил-5-пропил-3,7-диэтилнонан;
- 2,2,6-trimetil-4-пропил-3,5,5-триэтилгептан.

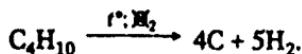
1-11. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства н-бутана. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

Решение:

1. Горение

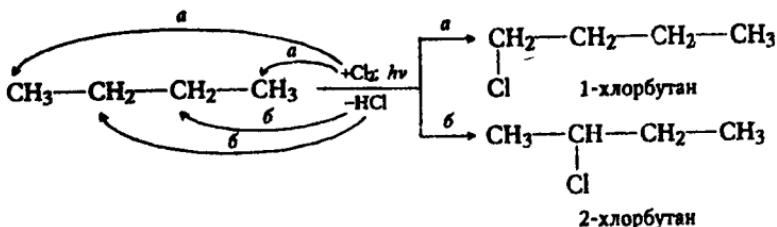


2. Термическое разложение



3. Для алканов наиболее характерны реакции замещения, протекающие по свободно-радикальному механизму.

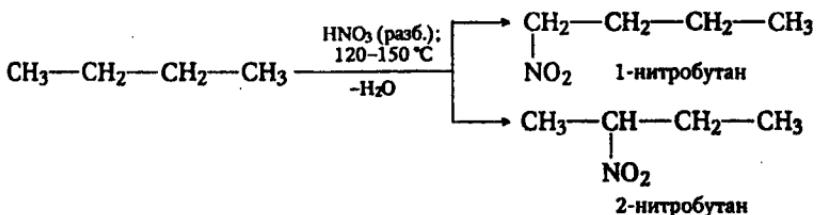
a) Галогенирование. На первой стадии реакции в молекуле бутана замещение атома водорода может происходить как у первичного, так и у вторичного атома углерода, в результате чего образуется смесь двух изомерных монохлорбутанов.



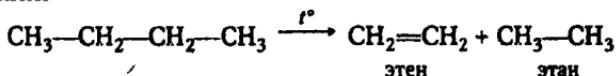
Энергия связи атома водорода с первичным атомом углерода больше, чем со вторичным атомом углерода, и больше, чем с тре-

тичным атомом углерода, поэтому легче всего замещается атом водорода, связанный с третичным атомом углерода. Данное явление называется селективностью. У менее активных галогенов оно выражено ярче; при повышении температуры селективность ослабляется.

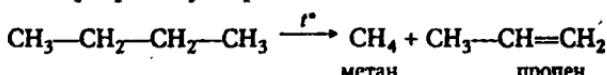
б) Нитрование (реакция М. М. Коновалова)



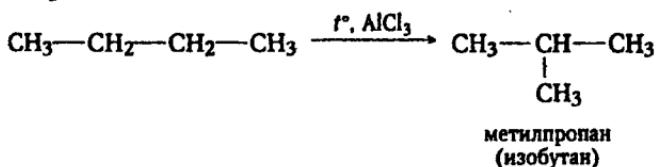
4. Крекинг



При температуре больше 600 °С увеличивается вероятность несимметричного разрыва углеродной цепи:



5. Изомеризация



При большем числе атомов углерода в молекуле нормального алкана образуется смесь изомерных продуктов реакции.

1-12. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства н-пентана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

1-13. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства н-гексана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

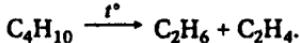
1-14. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилпропана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

1-15. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2,3-диметилбутана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

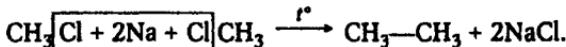
1-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этан.

Решение:

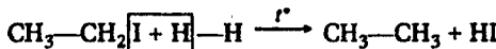
1. Крекинг бутана



2. Реакция Вюрца—Шорыгина



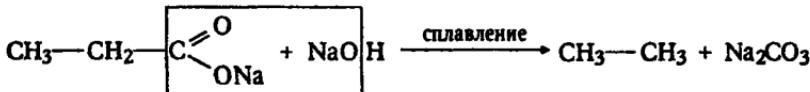
3. Восстановление галогенпроизводного



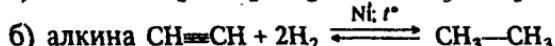
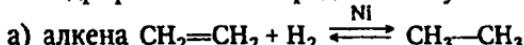
или



4. Декарбоксилирование¹ пропионата натрия



5. Гидрирование² непредельных углеводородов:



1-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропан.

1-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутан.

1-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить метилпропан.

1-20. Напишите уравнения реакций Вюрца для следующих веществ:

¹ Данная реакция будет подробно изучена в последующих темах.

² Данная реакция будет подробно изучена в последующих темах.

- а) 1-хлорпропан; б) 1-бромбутан;
 в) 2-хлор-2-метилпропан; г) 2-бром-3,3-диметилбутан.

Назовите полученные вещества.

1-21. Напишите уравнения реакций Вюрца для следующих смесей:

- а) йодэтан и 2-йод-2-метилпропан;
 б) 1-йод-2-метилпропан и 2-йодпропан;
 в) 2-хлор-2-метилбутан и 2-хлор-2,3-диметилбутан;
 г) 3-хлор-2,4-диметилпентан и 2-хлор-3-этилпентан.

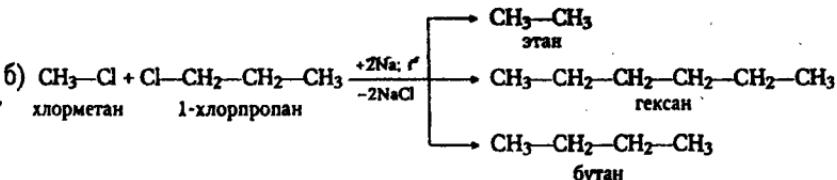
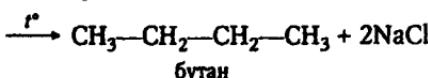
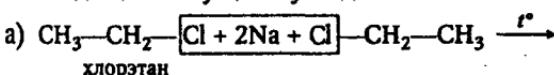
Назовите полученные вещества.

1-22. Напишите уравнения реакций Вюрца, при которых получается бутан.

Назовите исходные вещества и продукты реакций.

Решение:

Очевидно, что существует два возможных варианта синтеза:



1-23. Напишите уравнения реакций Вюрца, при которых получаются следующие вещества:

- а) 2,3-диметилбутан; б) 2-метил-3-этилгексан;
 в) 2,5-диметилгексан; г) н-гексан;
 д) 2,2-диметилпропан; е) н-пентан;
 ж) 2,2,3-триметилбутан.

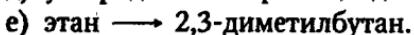
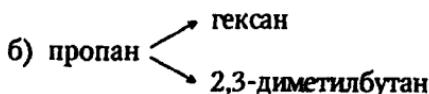
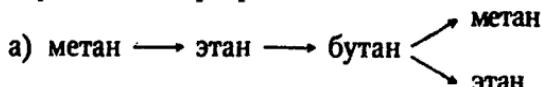
Назовите исходные вещества.

1-24. Какие углеводороды образуются при декарбоксилировании следующих солей:

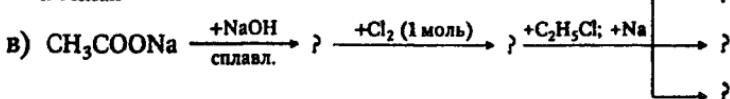
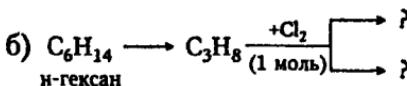
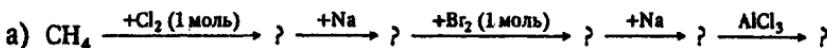
- а) $\text{CH}_3\text{---COONa}$; б) $\text{CH}_3\text{---}(\text{CH}_2)_2\text{---COONa}$;
 в) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOONa}$; г) $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CHCOONa}$.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

1-25. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



1-26. Напишите уравнения реакций к следующим схемам. Назовите продукты реакций.



1-27*. Относительная плотность паров алкана по водороду равна 50. Выведите молекулярную формулу алкана.

1-28. Относительная плотность паров алкана по воздуху равна 7,31. Выведите молекулярную формулу алкана.

1-29*. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 36. Массовые доли углерода и водорода в нем равны соответственно 83,33 и 16,67%.

Выведите молекулярную формулу этого углеводорода.

1-30. Плотность углеводорода при нормальных условиях равна 2,59 г/л. Массовая доля углерода в нем равна 82,76%.

Выведите молекулярную формулу этого углеводорода.

1-31*. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 1,375. При сжигании 4,4 г этого вещества образуется 13,2 г диоксида углерода и 7,2 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

1-32. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 71. При сжигании 2,84 г этого вещества образуется 4,48 л диоксида углерода (н. у.) и 3,96 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

1-33*. Найдите объем хлора (н. у.), необходимый для получения 15,7 г 2-хлорпропана.

1-34. Найдите массу воды, необходимой для получения метана из 3,6 г карбida алюминия.

1-35*. Найдите объем кислорода, необходимый для сжигания смеси, состоящей из 10 молей метана, 10 г этана и 10 л пропана (н. у.).

1-36*. Найдите массу углеводорода, полученного при нагревании 24,6 г 2-бромпропана с 5,2 г натрия. Назовите этот углеводород.

1-37. Какой объем углекислого газа (н. у.) получится при сжигании 3,2 г метана в 9,6 л кислорода (н. у.).

1-38. Найдите массу 10% раствора азотной кислоты, необходимой для получения 15 г нитроэтана.

1-39*. Смесь пропана с азотом объемом 80 л (н. у.) сожгли в кислороде и получили 396 г углекислого газа.

Найдите объемную долю азота в исходной газовой смеси.

1-40*. При хлорировании метана объемом 112 л (н. у.) получен тетрахлорметан массой 500,5 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

1-41. Найдите массу карбida алюминия, необходимого для получения 112 л метана (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 80% от теоретически возможного.

1-42. Найдите массу бутана, полученного при крекинге 285 г октана, если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

1-43. Найдите массу этана, полученного синтезом Вюрца из 8,96 л метана (н. у.).

1-44. Какой объем кислорода (н. у.) потребуется для сжигания метана, полученного действием соляной кислоты на 216 г карбida алюминия?

1-45*. Какой объем этана (н. у.) потребуется для получения синтезом Вюрца 11,6 г бутана, если доли выхода продуктов реакций в процессе синтеза равны соответственно 75 и 80% теоретически возможного?

1-46. Из 20 л метана (н. у.) синтезом Вюрца получено 6,4 л этина (н. у.). Доли выхода продуктов на обеих стадиях синтеза равны. Найдите доли выхода продуктов реакций.

1-47. Найдите массу 2-нитробутана, полученного при действии 980 г 10% раствора азотной кислоты на 87 г бутана, если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

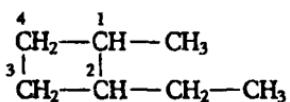
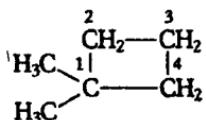
§ 2. ЦИКЛОАЛКАНЫ (ЦИКЛОПАРАФИНЫ)

Циклоалканы — циклические предельные углеводороды. Общая формула C_nH_{2n} , где $n \geq 3$.

Номенклатура (см. § 1)

Главная цепь молекулы циклоалкана — замкнутый цикл. Нумерация атомов углерода в главной цепи определяется положением простейшего радикала.

Например:



Изомерия

Изомерия циклоалканов связана со строением углеродного скелета (цепи).

Строение

Атомы в молекулах циклопарафинов связаны σ -связями. Атомы углерода находятся в состоянии sp^3 -гибридизации (см. § 1). Гибридные электронные облака стремятся расположиться под углом $109^\circ 28'$. В молекулах циклопарафинов валентные углы не равны $109^\circ 28'$, вследствие чего молекулы испытывают напряжение (максимальная неустойчивость в трехатомных циклах, максимальная устойчивость в шестиатомных циклах).

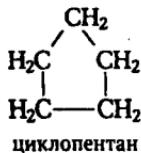
Свойства циклоалканов обусловлены их строением. Для них характерны реакции замещения и возможны реакции присоединения, протекающие с разрывом цикла.

Упражнения и задачи

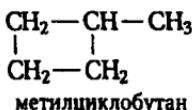
2-1. Напишите графические формулы всех изомерных циклоалканов состава C_5H_{10} .

Решение:

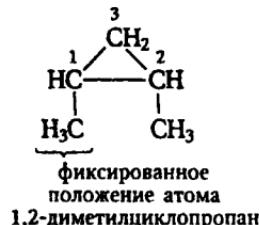
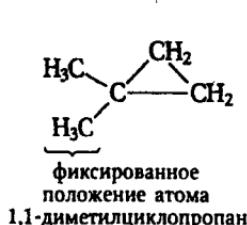
1. Составим графическую формулу углеводорода с неразветвленной цепью, т. е. нормального строения:



2. Уменьшим главную цепь на один атом углерода, оставшийся атом образует боковую цепь.



3. Уменьшим главную цепь еще на один атом углерода. Зафиксируем положение одного из оставшихся углеродных атомов и рассмотрим все возможные положения второго атома углерода.



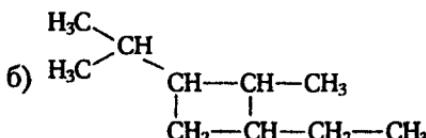
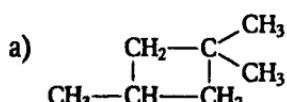
2-2. Напишите графические формулы всех изомерных циклоалканов состава C_6H_{12} . Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

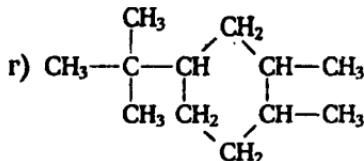
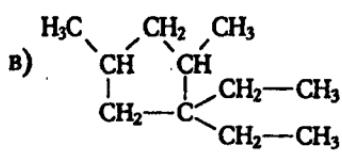
2-3. Напишите графические формулы всех изомерных циклоалканов состава C_7H_{14} , в которых главная цепь состоит:

- a) из пяти атомов углерода;
- b) четырех атомов углерода.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

2-4. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:





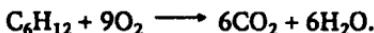
2-5. Напишите графические формулы следующих веществ:

- 1,1-диметил-2-этилцикlopентан;
- 2-изопропил-1-этилциклогексан;
- 1,2-диметил-1,2-дипропилцикlopентан;
- 2,4-диизобутил-1-этилцикlopентан.

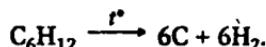
2-6. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилцикlopентана. Укажите условия протекания реакций. Назовите продукты реакций.

Решение:

1. Горение

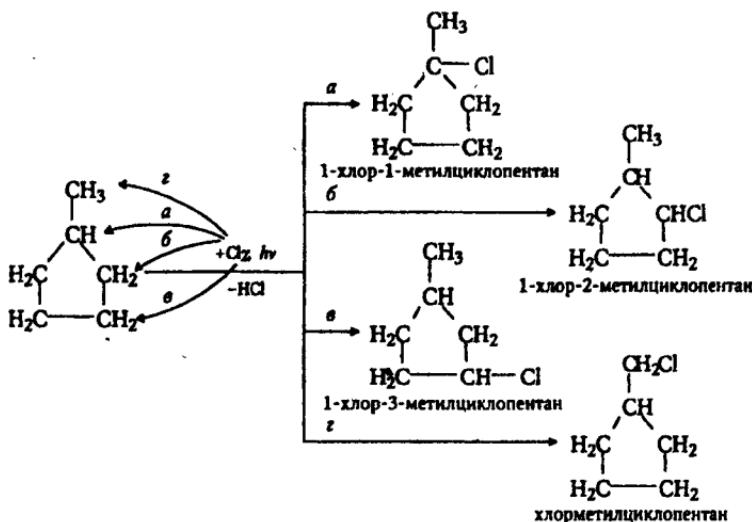


2. Термическое разложение



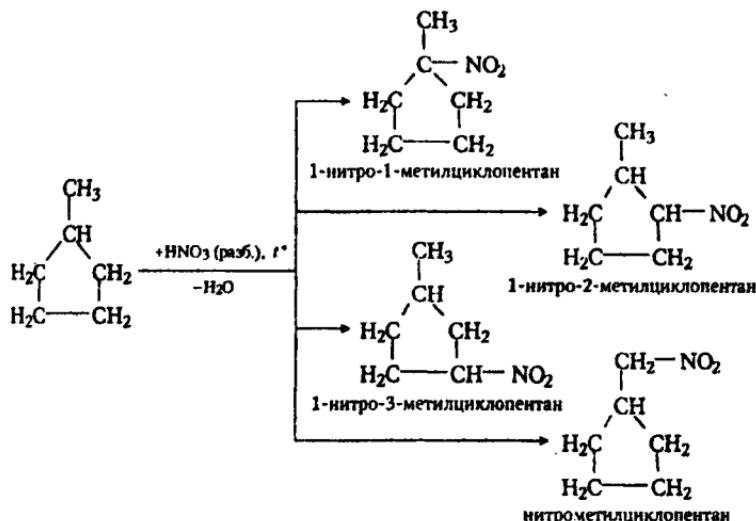
3. Для циклоалканов наиболее характерны реакции замещения:

a) галогенирование

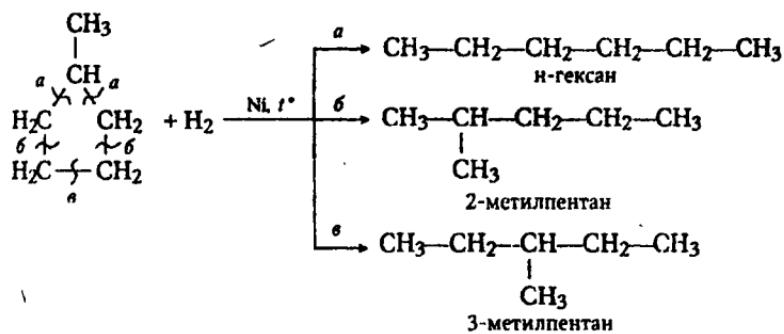


Легче всего протекает реакция по направлению (см. упр. 1-1);

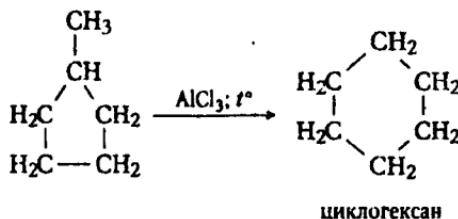
б) нитрование



4. Гидрирование



5. Изомеризация (в направлении увеличения устойчивости цикла)



2-7. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства циклогексана.

2-8. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,2-диметилцикlopентана.

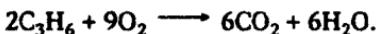
2-9. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,3-диметилцикlopентана.

2-10. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства этилцикlopентана.

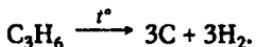
2-11. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства циклопропана. Назовите продукты реакций.

Решение:

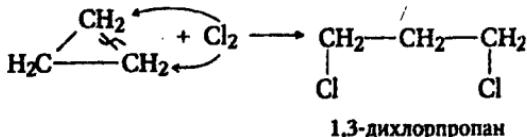
1. Горение



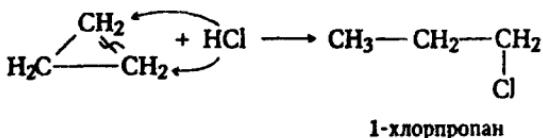
2. Термическое разложение



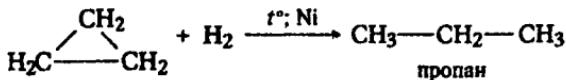
3. Реакция замещения для циклопропана практически невозможна, так как большое напряжение в молекуле приводит к легкому разрушению цикла при взаимодействии с хлором:



и даже с хлороводородом:



4. Гидрирование



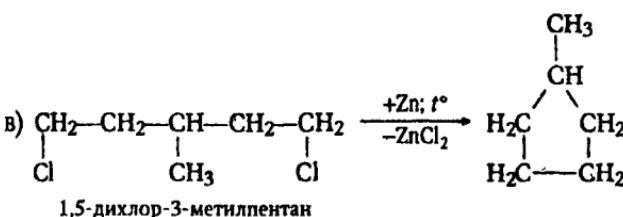
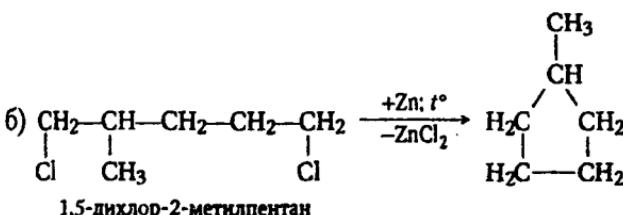
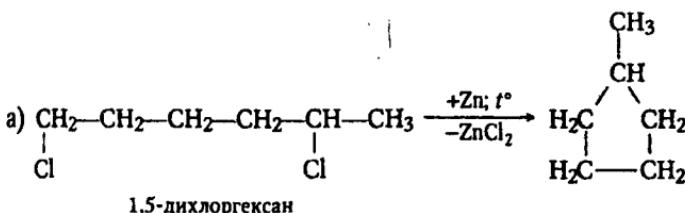
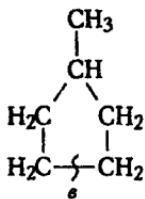
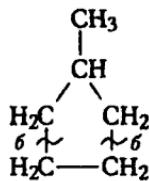
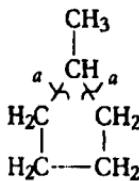
2-12. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилицикlopентана.

2-13. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,2-диметилцикlopентана.

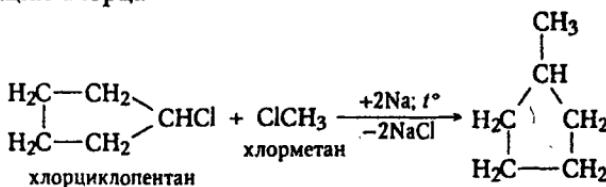
2-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить метилицикlopентан. Назовите исходные вещества.

Решение:

1. Существует три варианта синтеза из дигалогенпроизводных алканов:



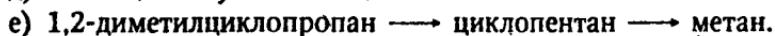
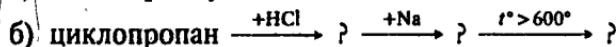
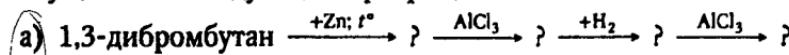
2. Реакция Вюрца



2-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить

- а) циклогексан;
б) 1,1-диметилцикlopентан;
в) 1,2-диметилцикlopентан;
г) этилциклогексан.

2-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



2-17. Относительная плотность паров циклоалкана по азоту равна 5. Выведите молекулярную формулу циклоалкана.

2-18. Плотность циклоалкана при нормальных условиях равна 2,5 г/л.

Выведите молекулярную формулу циклоалкана.

2-19. Относительная плотность паров углеводорода по азоту равна 3. Массовые доли углерода и водорода в нем равны соответственно 85,71 и 14,29%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

2-20. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 35. Массовые доли углерода и водорода в нем равны соответственно 85,71 и 14,29%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

2-21. 1,875 г органического соединения при нормальных условиях занимает объем 1 л. При сжигании 4,2 г этого соединения образуется 13,2 г углекислого газа и 5,4 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

2-22. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 28. При сжигании 19,6 г этого соединения образуется 31,36 л углекислого газа (н. у.) и 25,2 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

2-23. Найдите массу 1,4-дигидробутана, необходимую для получения 11,2 г циклобутана.

2-24. Какой объем водорода (н. у.) необходим для гидрирования 25,2 г метилцикlopентана?

2-25. Найдите объем кислорода, необходимый для сжигания 500 мл циклопропана.

2-26. Найдите массу циклогексана, полученного при нагревании 14 г цинка с 48,8 г 1,6-дибромгексана.

2-27. На 350 г метилцикlobутана подействовали водородом, занимающим при нормальных условиях объем 120 л.

Найдите массу полученного продукта.

2-28. Найдите массу 6,3% раствора азотной кислоты, необходимую для получения нитроциклогексана из 67,2 г циклогексана.

2-29. При получении хлорцикlopентана из цикlopентана выделился хлороводород, растворив который в воде получили 200 г 36,5% раствора соляной кислоты.

Найдите объем использованного в реакции хлора (н. у.).

2-30. При хлорировании 13,44 л циклопропана (н. у.) получен 1,2-дихлорпропан массой 64,41 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

2-31. Найдите массу 1,5-дибромпентана, необходимую для получения 280 г цикlopентана, если доля выхода продукта реакции составляет 80% теоретически возможного.

2-32. Найдите массу бутана, полученного при гидрировании 672 л циклобутана (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

2-33. 1-хлорпропан, полученный при гидрохлорировании 126 г циклопропана, нагрели с избытком натрия.

Найдите массу образовавшегося гексана.

2-34. 1,5-дибромпентан массой 161 г нагрели с избытком цинковой пыли.

Найдите объем водорода (н. у.), необходимый для гидрирования полученного цикlopентана.

2-35. Найдите массу нитроцикlopентана, который образуется при действии 1200 г 5% раствора азотной кислоты на 56 г цикlopентана, если доля выхода продукта реакции составляет 80% теоретически возможного.

2-36. 10 г циклогексана сожгли в избытке кислорода и полученный углекислый газ пропустили через избыток раствора гидроксида кальция, в результате чего выпал осадок массой 45 г.

Найдите массовую долю негорючих примесей в циклогексане, если доля выхода продукта горения составляет 75% теоретически возможного.

Непредельные углеводороды — углеводороды, в которых атомы углерода связаны не только простыми, но и кратными связями (двойными или тройными).

§ 3. АЛКЕНЫ

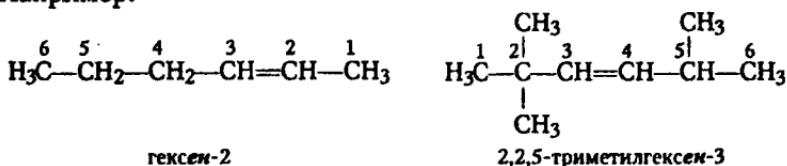
Алкены — непредельные углеводороды, молекулы которых содержат одну двойную связь.

Общая формула C_nH_{2n} , где $n \geq 2$.

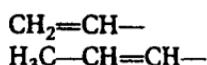
Номенклатура (см. § 1)

В названии указывается цифрой атом углерода, после которого стоит двойная связь. Нумерация главной цепи начинается с того конца, к которому ближе двойная связь. Наличие двойной связи показывает суффикс **-ен** в названии главной цепи.

Например:



Радикалы алканов:



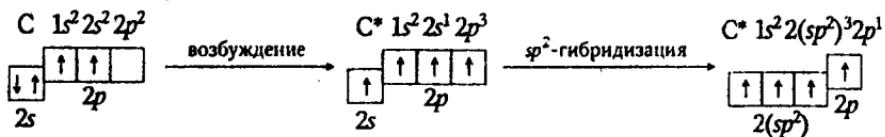
винил
пропенил

Изомерия

1. Изомерия строения углеродного скелета.
2. Изомерия положения кратной (двойной) связи.
3. Пространственная (цис-транс) изомерия.
4. Межгрупповая (с циклоалканами) изомерия.

Строение

Атомы углерода, образующие двойную связь, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации:



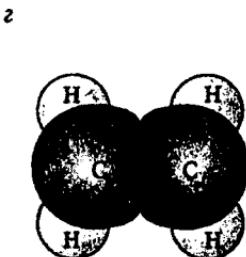
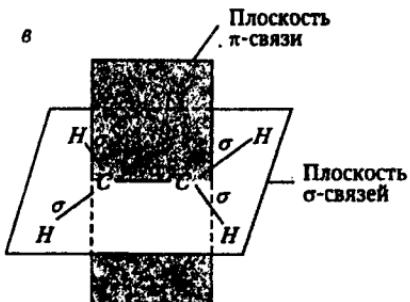
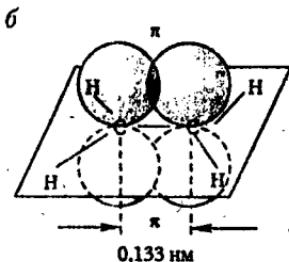
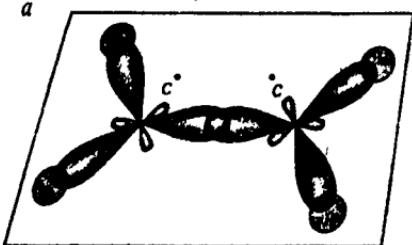


Рис. 2. Строение молекулы этилена:

a — схема образования σ -связей в молекуле этилена; *b*, *c* — схема образования π -связи в молекуле этилена; *d* — модель молекулы этилена

Гибридные электронные облака располагаются под углом 120° и образуют σ -связи в одной плоскости (рис. 2, *a*). Облака p -электронов располагаются перпендикулярно плоскости σ -связей и образуют π -связь (рис. 2, *b*, *c*).

Свойства алkenов обусловлены их строением. Они обладают большей реакционной способностью, чем алканы. Для алkenов наиболее характерны реакции присоединения, идущие по ионному механизму.

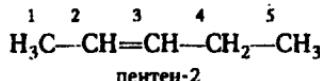
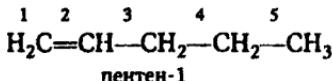
Упражнения и задачи

3-1. Из приведенных ниже формул выберите формулы алkenов: C_5H_{12} ; C_7H_{14} ; $C_{10}H_{22}$; $C_{11}H_{24}$; $C_{12}H_{24}$; $C_{15}H_{30}$; $C_{16}H_{34}$; $C_{31}H_{62}$.

3-2. Напишите графические формулы всех изомерных алkenов состава C_5H_{10} . Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

Решение:

1. Составим графическую формулу углеводорода с неразветвленной цепью и рассмотрим все возможные положения кратной (двойной) связи:

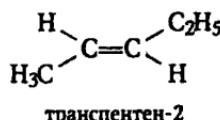
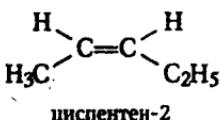


Однако эта формула не дает точного представления о строении молекулы.

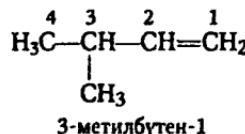
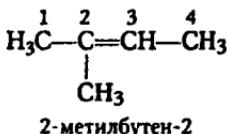
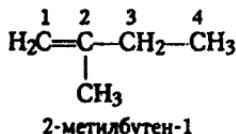
Так как вокруг двойной связи атомы углерода не могут свободно вращаться, для алканов характерна пространственная, или цис-трансизомерия.

В цисизомере одинаковые заместители находятся по одну сторону от двойной связи.

В трансизомере одинаковые заместители находятся по разные стороны от двойной связи.



2. Уменьшим главную цепь на один атом углерода и рассмотрим все возможные варианты взаимного расположения радикала и кратной связи:



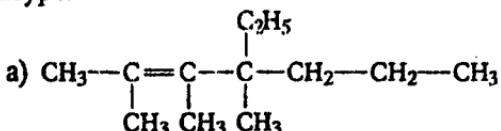
3-3. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_4H_8 . Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

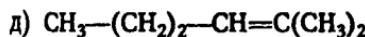
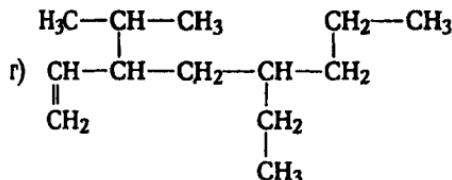
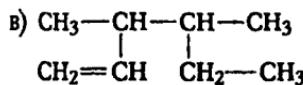
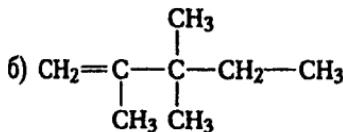
3-4. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_6H_{12} . Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

3-5. Напишите графические формулы следующих углеводородов:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| a) 3-метилбутен-1; | b) 2,3-диметилбутен-2; |
| в) 4-метилпентен-1; | г) 2,3,4-триметилпентен-1; |
| д) 3,4,4-триметилпентен-2; | е) 3,5-диметил-4-этилгексен-2. |

3-6. Назовите следующие вещества по международной номенклатуре:





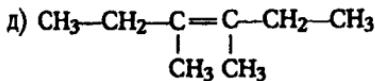
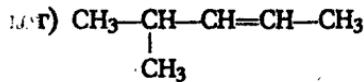
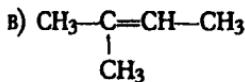
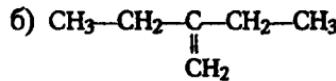
3-7. Напишите графические формулы следующих веществ:

а) цисгексен-2; б) трансгексен-2.

3-8. Напишите графические формулы следующих веществ:

а) цис-2-метилгексен-3; б) транс-2-метилгексен-3.

3-9. Какие из указанных соединений могут иметь цистрансизомеры? Напишите их графические формулы. Назовите эти соединения по международной номенклатуре.



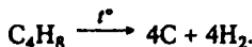
3-10. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутена-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

Решение:

1. Горение

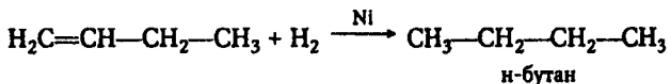


2. Термическое разложение

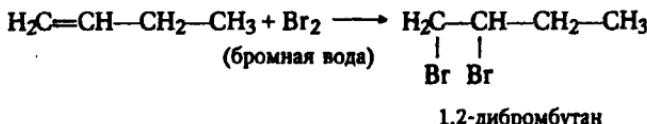
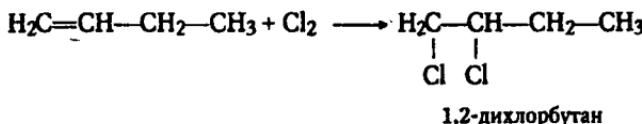


3. Для алканов наиболее характерны реакции присоединения по месту разрыва двойной связи:

a) гидрирование или гидрогенизация (присоединение водорода)

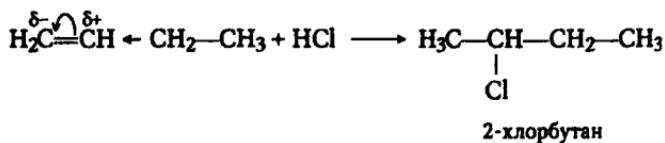


б) галогенирование¹ (присоединение галогенов)

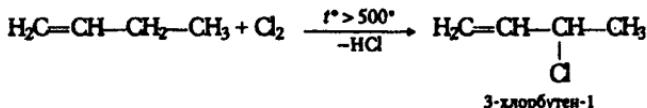


(качественная реакция на непредельные углеводороды — бромная вода обесцвечивается);

в) гидрогалогенирование (присоединение галогеноводородов)

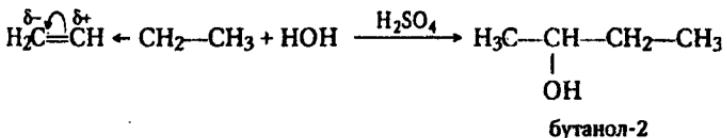


¹ При галогенировании алканов при $t > 500^\circ$ происходит реакция замещения водорода на галоген в радикале:

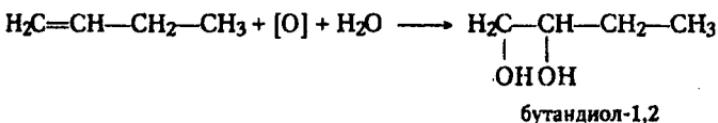


Присоединение происходит по правилу В. В. Марковникова, т. е. водород присоединяется к наиболее гидрогенизированному атому углерода¹.

г) гидратация (присоединение воды) происходит также по правилу В. В. Марковникова:

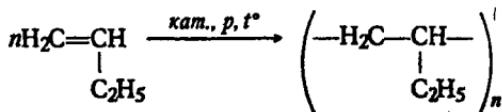


д) окисление



В качестве окислителей могут использоваться раствор перманганата калия, пероксид водорода и др. (Качественная реакция на непредельные углеводороды — раствор KMnO_4 обесцвечивается.)

е) реакция полимеризации

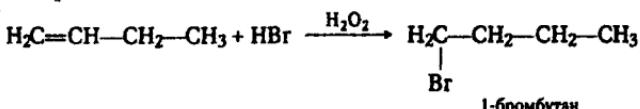


3-11. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропилена. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-12. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилпропена. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-13. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутена-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

¹ Присоединение бромоводорода в присутствии пероксида водорода идет вопреки правилу В. В. Марковникова:



(эффект Хараша)

3-14. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства пентена-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-15. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 3-метилпентена-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-16. Напишите уравнения реакций гидратации веществ:

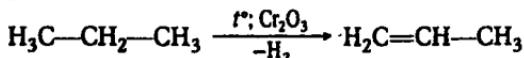
- а) гексен-2; б) 4-метилпентен-2;
 в) 2,3-диметилпентен-2; г) 2,2,6-триметилгептен-3.

Дайте теоретическое обоснование направлению этих реакций.

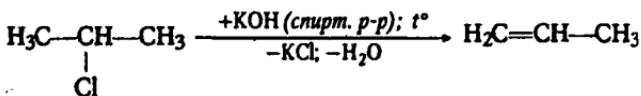
3-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропен.

Решение:

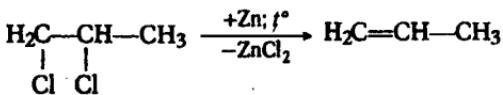
1. Дегидрирование алкана



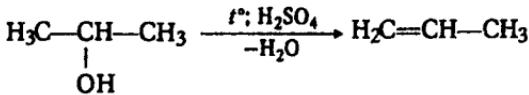
2. Дегидрогалогенирование моногалогенпроизводного алкана¹



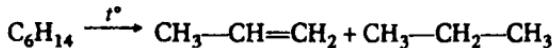
3. Дегалогенирование дигалогенпроизводного алкана



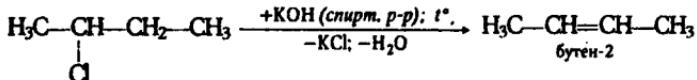
4. Дегидратация спирта



5. Крекинг алкана



¹ При дегидрогалогенировании и дегидратации несимметричной молекулы отщепление атома водорода идет преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода — правило А. М. Зайцева:

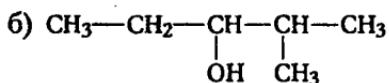
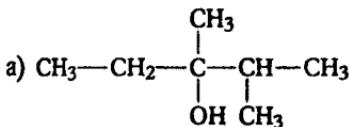


3-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить:

a) бутен-1;

б) 2-метилбутен-2.

3-19. Какие углеводороды образуются при дегидратации следующих спиртов? Напишите уравнения реакций, назовите продукты.



3-20. Дегидратацией каких спиртов можно получить:

а) 4-метилпентен-1; б) 2,4-диметилпентен-2?

Напишите уравнения реакций.

3-21. Напишите уравнения реакций следующих галогенпроизводных со спиртовым раствором щелочи:

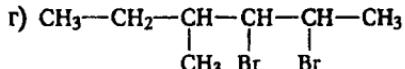
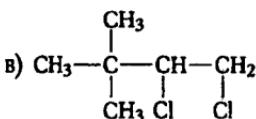
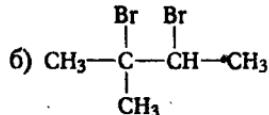
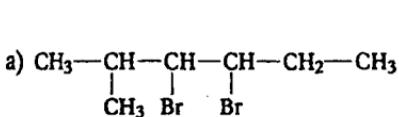
а) 2-бром-2-метилбутан;

б) 2-хлор-2-метилпентан;

в) 2-хлор-2,3-диметилбутан.

Назовите продукты реакций.

3-22. Напишите уравнения реакций дегалогенирования при нагревании с цинковой пылью следующих веществ:



Назовите исходные вещества и продукты реакций.

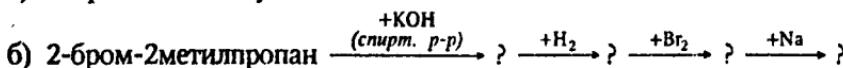
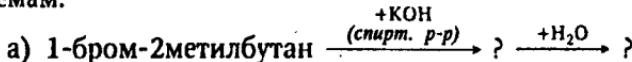
3-23. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

a) этан
 1,2-дихлорэтан
 этен
 хлорэтан

б) этап \longrightarrow бутен-1 \longrightarrow циклобутан \longrightarrow пропан \longrightarrow 2-метилпентен-1 \longrightarrow циклогексан;

в) неорганические вещества — полипропилен.

3-24. Напишите уравнения реакций, соответствующих данным схемам:



Назовите продукты реакций.

3-25. Относительная плотность паров алкена по воздуху равна 2,414. Выведите молекулярную формулу алкена.

3-26. Плотность алкена при нормальных условиях равна 1,875 г/л. Выведите молекулярную формулу алкена.

3-27. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 49. Массовая доля углерода в нем равна 85,71%, массовая доля водорода равна 14,29%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

3-28. Углеводород массой 25 г при нормальных условиях занимает объем 10 л. Массовая доля углерода в нем равна 85,71%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

3-29. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 42. При сжигании 7 г этого вещества образуется 22 г диоксида углерода и 9 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

3-30. Относительная плотность паров органического соединения по азоту равна 5. При сжигании 35 г этого соединения получен углекислый газ, занимающий при нормальных условиях объем 56 л, и вода массой 45 г.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

3-31. Найдите массу бромоводорода, необходимого для гидробромирования 12,6 г пропена.

3-32. Найдите объем этилена (н. у.), полученного при дегидратации этанола массой 32,2 г.

3-33. Какой объем кислорода необходим для сжигания 3,2 л бутена-2?

3-34. На 2,52 г гексена-3 подействовали 0,7 г воды в присутствии концентрированной серной кислоты.

Найдите массу образовавшегося продукта.

3-35. 39,2 г бутена-2 гидрохлорировали хлороводородом, занимавшим при нормальных условиях объем 18 л.

Найдите количество вещества полученного продукта.

3-36. Метилпропен массой 7 г обесцвечивает 500 г бромной воды.

Найдите массовую долю брома в бромной воде.

3-37. Найдите объем водорода, необходимый для гидрирования 50 л смеси пропана и пропена, если объемная доля пропана в ней 20%.

3-38. При бромировании пропена массой 16,8 г получен 1,2-дibромпропан массой 60,6 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

3-39. Найдите массу спирта, полученного при гидратации 112 л бутена-2 (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 60% теоретически возможного.

3-40. Найдите объем этана (н. у.), необходимого для получения 134,4 г этилена, если доля выхода продукта реакции составляет 80% теоретически возможного.

3-41. 78,4 л бутена-1 (н. у.) сожгли в избытке кислорода. Полученный углекислый газ пропустили через избыток раствора гидроксида кальция. Найдите массу выпавшего при этом осадка.

3-42. Найдите объем пропана (н. у.), необходимого для получения 10,5 кг полипропилена.

3-43. 7,84 л пропена (н. у.) пропустили через 1 кг 2%-ного водного раствора брома и получили 20,2 г 1,2-дibромпропана. Найдите долю выхода продукта реакции.

3-44. К смеси пентена-2 и азота массой 8,75 г добавили избыток кислорода и подожгли. Для поглощения полученной газовой смеси потребовалось ~~310~~ г 10%-ного раствора гидроксида натрия (при этом образовалась средняя соль). Найдите массовую долю азота в исходной смеси, если доля выхода продукта горения составляет 80% теоретически возможного.

§ 4. АЛКАДИЕНЫ

Алкадиены — непредельные углеводороды, молекулы которых содержат две двойные связи.

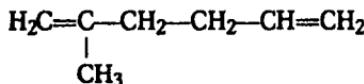
Общая формула C_nH_{2n-2} , где $n \geq 3$.

Номенклатура (см. § 1, 3)

В названии цифрами указываются атомы углерода, после которых стоят двойные связи. Перед суффиксом **-ен** — частица **ди-**, например:



пентадиен-1,4



2-метилгексадиен-1,5

Изомерия

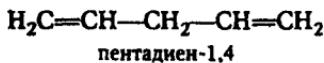
1. Изомерия строения углеродного скелета.
2. Изомерия положения кратных связей.
3. Пространственная изомерия.
4. Межгрупповая изомерия (с алкинами).

Строение

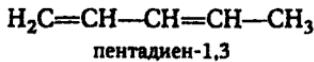
Атомы углерода при двойных связях находятся в состоянии sp^2 -гибридизации.

Различают:

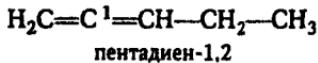
- изолированные двойные связи



- сопряженные двойные связи



- кумулированные двойные связи



Наибольший интерес представляют молекулы с сопряженными двойными связями.

¹ С — sp -гибридизация.

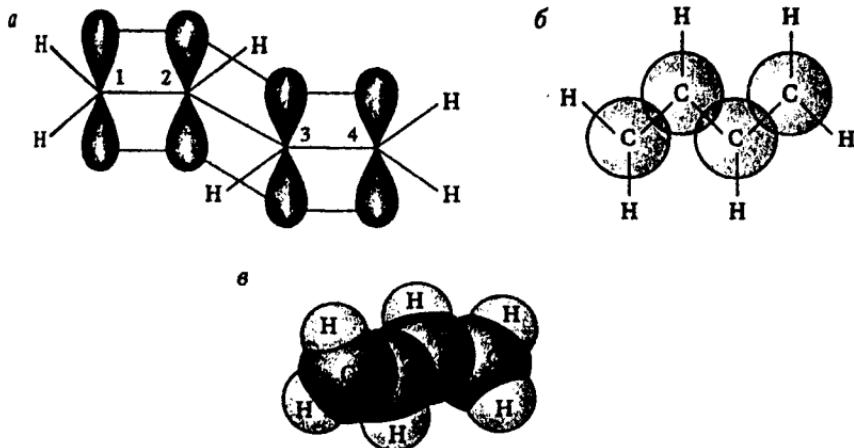


Рис. 3. Строение молекулы бутадиена:

а, б — схема образования π -связей в молекуле бутадиена-1,3;
в — модель молекулы бутадиена-1,3

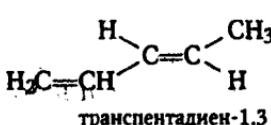
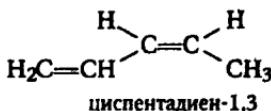
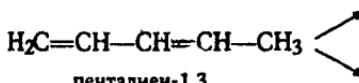
Рентгеноструктурный анализ межатомных расстояний в молекуле бутадиена-1,3 показал тенденцию к выравниванию связей, что является следствием электронной структуры этого алкадиена (рис. 3).

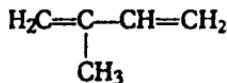
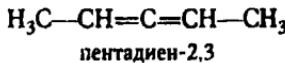
Свойства алкадиенов обусловлены их строением. Для них наиболее характерны реакции присоединения (см. § 3). Для алкадиенов с сопряженными двойными связями наиболее характерно на первой ступени реакции 1,4-присоединение.

Упражнения и задачи

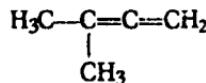
4-1. Напишите графические формулы всех изомерных алкадиенов с молекулярной формулой C_5H_8 . Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

Решение:





2-метилбутадиен-1,3
(изопрен)



3-метилбутадиен-1,2

4-2. Напишите графические формулы всех изомерных алкадиенов с молекулярной формулой C_6H_{10} .

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

4-3. Напишите графические формулы всех изомерных алкадиенов с молекулярной формулой C_7H_{12} , содержащих в главной цепи 5 атомов углерода.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

4-4. Напишите графические формулы следующих алкадиенов:

- 2,3-диметилбутадиен-1,3;
- 2,4-диметилгексадиен-2,4;
- 3,4-диметилпентадиен-1,3;
- 2,3-диметилгексадиен-2,4.

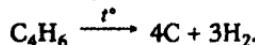
4-5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутадиена-1,3 (дивинила).

Решение:

1. Горение

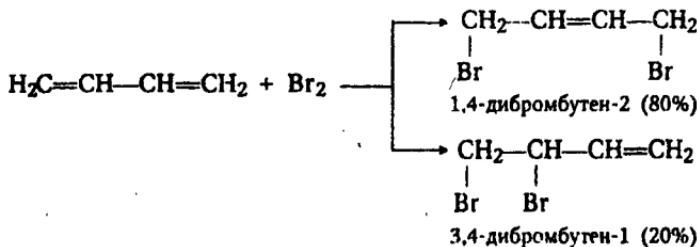


2. Термическое разложение

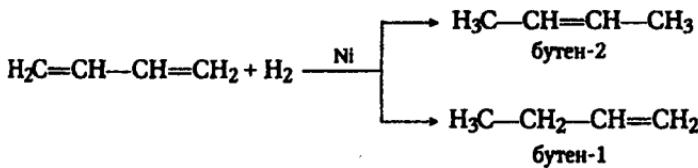


3. Для алкадиенов наиболее характерны реакции присоединения:

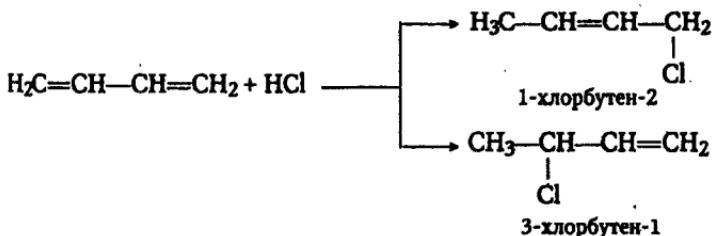
а) галогенирование



б) гидрирование

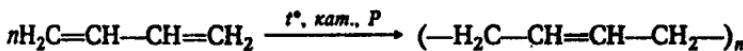


в) гидрогалогенирование

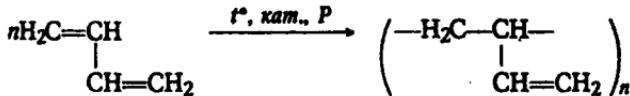


4. Полимеризация:

a) 1,4-полимеризация



б) 1,2-полимеризация



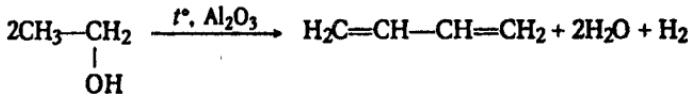
4-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства изопрена (2-метилбутадиена-1,3).

4-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 3-метилпентадиена-1,3.

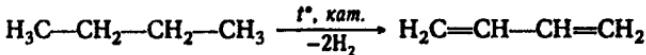
4-8. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить бутадиен-1,3 (дивинил).

Решение:

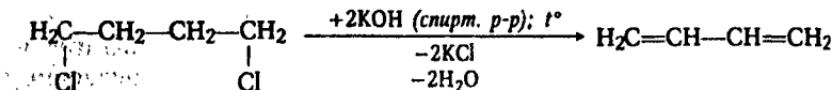
1. Из этанола (по методу С. В. Лебедева)



2. Дегидрирование алкана



3. Дегидрогалогенирование дигалогенпроизводного



4-9. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить 2-метилбутадиен-1,3.

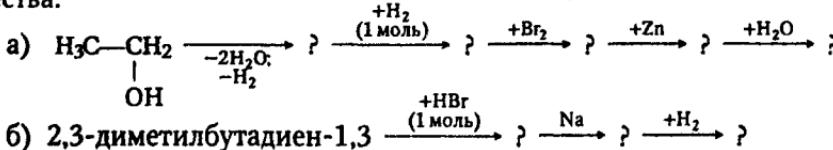
4-10. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций и названия продуктов.

- a) $\text{CH}_4 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_6$;
- б) $\text{C}_2\text{H}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_6 \xrightarrow{\text{полимеризация}} ?$
- в) этан \longrightarrow этил \longrightarrow бромэтан \longrightarrow бутан \longrightarrow бутадиен-1,3 \longrightarrow 1,4-дигромбутен-2 \longrightarrow 1,4-дигромбутан;
- г) циклобутан \longrightarrow бутан \longrightarrow бутадиен-1,3 \longrightarrow бутен-2 \longrightarrow бутан.

4-11. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций:

- а) неорганические вещества \longrightarrow изопрен;
- б) октан \longrightarrow дивинил \longrightarrow октан;
- в) дивинил \longrightarrow метилциклогексан \longrightarrow дивинил;
- г) дивинил \longrightarrow изопрен \longrightarrow дивинил.

4-12. Напишите уравнения химических реакций, соответствующих данным схемам. Укажите условия их протекания и назовите вещества.



4-13. Плотность алкадиена при нормальных условиях равна 2,41 г/л. Выведите молекулярную формулу алкадиена.

4-14. Относительная плотность паров алкадиена по диоксиду углерода равна 2,5.

Выполните молекулярную формулу алкадиена.

4-15. Относительная плотность углеводорода по кислороду равна 1,25. Массовая доля углерода в нем равна 90%.

Выполните молекулярную формулу углеводорода.

4-16. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 41. Массовая доля водорода в нем равна 12,2%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

4-17. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 34. При сжигании 20,4 г этого вещества образовалось 66 г диоксида углерода и 21,6 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

4-18. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 3,31. При сжигании 24 г этого вещества образовалось 39,2 л углекислого газа (н. у.) и 27 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

4-19. Найдите массу изопентана, необходимую для получения 272 г изопрена.

4-20. Какой объем водорода (н. у.) потребуется для полного гидрирования 32,4 г дивинила?

4-21. Найдите объем пропадиена, который можно полностью гидрировать водородом, занимающим при нормальных условиях объем 500 м³.

4-22. Какой объем займет при нормальных условиях углекислый газ, образовавшийся при горении 6,2 г дивинила в 11,2 л кислорода (н. у.)?

4-23. Найдите максимальную массу бромной воды с массовой долей брома, равной 2%, которую может обесцветить 1,12 л бутадиена-1,4 (н. у.).

4-24. Смесь метилбутана и изопрена массой 200 г полностью гидрируется 33,6 л водорода (н. у.).

Найдите массовую долю алкана в исходной смеси.

4-25. При бромировании 10,8 г дивинила избытком брома образуется 56,1 г 1,2,3,4-тетрабромбутана.

Найдите долю выхода продукта реакции.

4-26. Какая масса 2-метилбутана необходима для получения 18,36 г изопрена, если доля выхода продукта реакции составляет 90% теоретически возможного?

4-27. Найдите массу изопренового каучука, которую можно получить из 100 кг н-пентана.

4-28. Какую массу дивинила можно получить из 156,8 л этана (н. у.)?

4-29. Газ, полученный при сжигании 20,4 г пентадиена-1,3 в 62,72 л кислорода (н. у.), пропустили через избыток раствора гидроксида кальция.

Найдите массу выпавшего при этом осадка.

4-30. Найдите объем этана (н. у.), необходимого для получения 162 г дивинила, если доля выхода продуктов первой стадии синтеза — 80%, второй стадии — 75%, а третья стадия идет с количественным выходом.

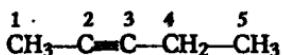
§ 5. Алкины

Алкины — непредельные углеводороды, молекулы которых содержат одну тройную связь.

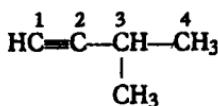
Общая формула C_nH_{2n-2} , где $n \geq 2$.

Номенклатура (см. § 1, 3)

В названии цифрой указывается атом углерода, после которого стоит тройная связь. Наличие тройной связи обозначается суффиксом **-ин**; например:



пентин-2



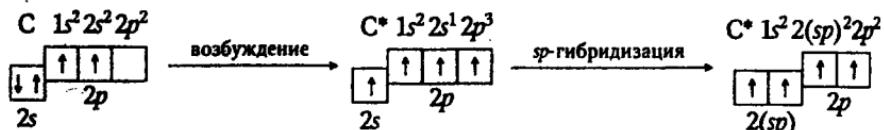
3-метилбутин-1

Изомерия

- Изомерия строения углеродного скелета.
- Изомерия положения кратной связи.
- Межгрупповая изомерия (с алкадиенами).

Строение

Атомы углерода, образующие тройную связь, находятся в состоянии *sp*-гибридизации:



Гибридные электронные облака располагаются на одной прямой, т. е. под углом 180° и образуют σ-связи. Не участвующие в процес-

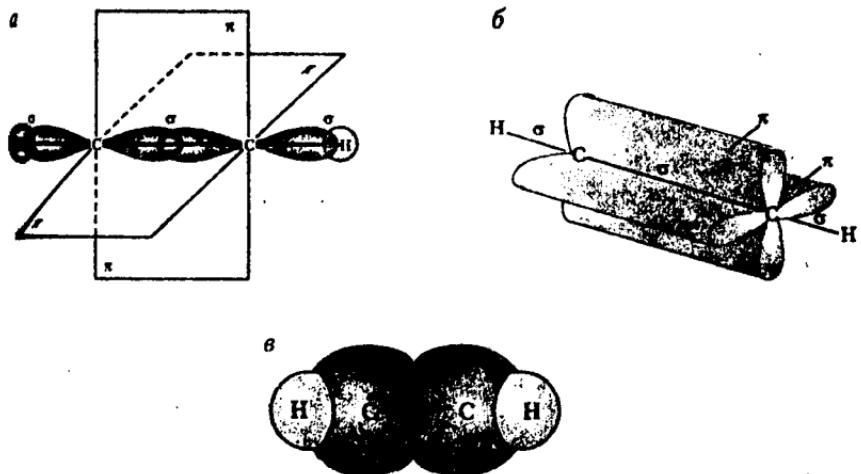


Рис. 4. Строение молекулы ацетилена:

а — схема образования σ -связей в молекуле ацетилена; *б* — схема образования π -связей в молекуле ацетилена; *в* — модель молекулы ацетилена

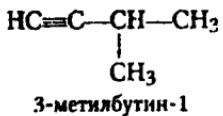
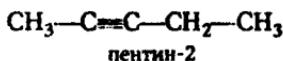
се гибридизации p -электроны образуют две π -связи во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 4).

Свойства алкинов обусловлены их строением. Для них, как и для алкенов, характерны реакции присоединения, но при этом они проявляют меньшую активность из-за большей прочности тройной связи. Возможны и реакции замещения атома водорода у углерода при тройной связи на атом металла.

Упражнения и задачи

5-1. Напишите графические формулы всех изомерных алкинов с молекулярной формулой C_5H_8 . Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

Решение:



5-2. Напишите графические формулы всех изомерных алкинов с молекулярной формулой C_6H_{10} .

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

5-3. Напишите графические формулы всех изомерных алкинов с молекулярной формулой C_7H_{12} , содержащих в главной цепи 5 атомов углерода.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

5-4. Напишите графические формулы следующих алкинов:

- 4-метилпентин-1;
- 5-метилгексин-2;
- 2,2,5-триметилгексин-3;
- 2,6-диметилгептин-3;
- 2,5-диметил-5-этилгептин-3;
- 4-*трем*-бутил-3-изопропилгептин-1.

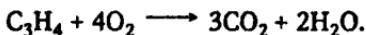
5-5. Назовите следующие вещества по международной номенклатуре:

- $(CH_3)_3C-C\equiv C-CH_2-CH(CH_3)_2$
- $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv C-CH(CH_3)_2$
- $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-C\equiv CH$
- $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-C(C_2H_5)-CH_2-CH_2-CH_3$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad C\equiv CH$

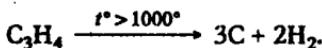
5-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих свойства пропина.

Решение:

1. Горение

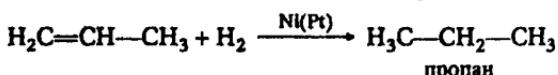
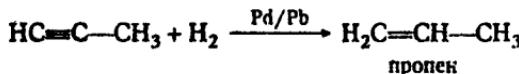


2. Термическое разложение

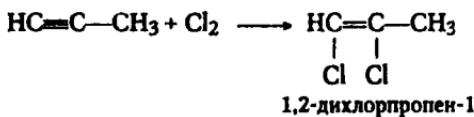


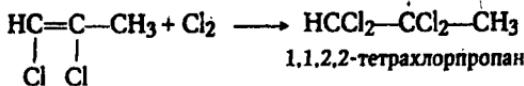
3. Для алкинов характерны реакции присоединения, которые идут в 2 стадии:

a) гидрирование

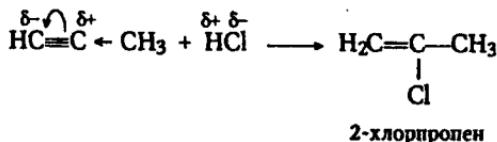


b) галогенирование

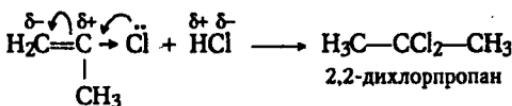




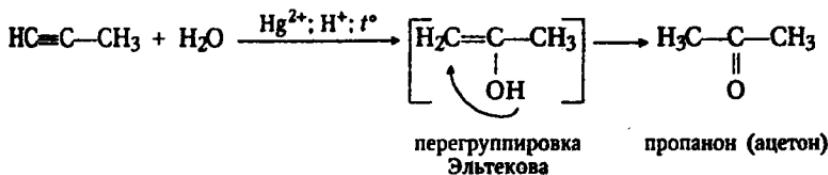
в) гидрогалогенирование



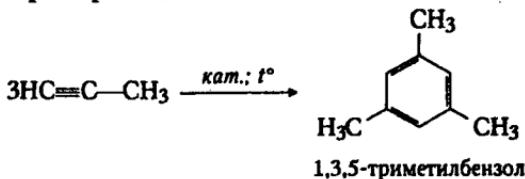
На второй стадии присоединения эффект сопряжения неподеленной электронной пары атома хлора с двойной связью преобладает над индуктивным эффектом атома хлора.



г) гидратация (реакция М. Г. Кучерова)



4. Реакция тримеризации



5. Ацетиленовые углеводороды с концевой тройной связью способны к реакциям замещения водорода на металлы:

- $2\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + 2\text{Na} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NaC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$
- $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + \text{NaNH}_2 \longrightarrow \text{NaC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + \text{NH}_3$
амид натрия
- $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + \text{Ag}_2\text{O}^1 \xrightarrow[\text{аммиачный}]{-\text{H}_2\text{O}} \text{AgC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$
p-p

¹ Ag_2O в аммиачном р-ре — комплекс $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.

5-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутина-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

5-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пентина-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

5-9. Напишите уравнения реакций между веществами:

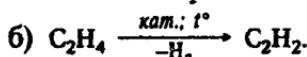
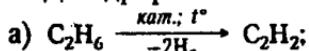
- бутин-2 и вода;
- 3-метилбутин-1 и бром (1 моль);
- 3-метилбутин-1 и аммиачный раствор оксида серебра;
- 3-метилбутин-1 и хлороводород (1 моль).

Укажите условия реакций и названия продуктов.

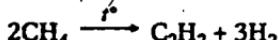
5-10. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этин.

Решение:

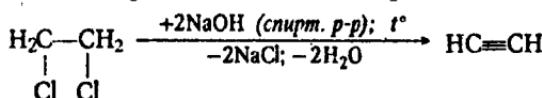
1. Дегидрирование алкана и алкена



2. Пиролиз метана

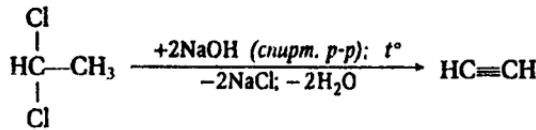


3. Дегидрогалогенирование дигалогенпроизводного



1,2-дихлорэтан

или

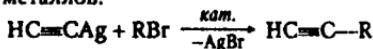


1,1-дихлорэтан

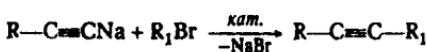
4. Гидролиз карбида кальция¹



¹ Алкины с длиной цепи более двух атомов углерода можно получить алкилированием ацетиленидов металлов:



или



5-11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропин.

5-12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутин-1.

5-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутин-2.

5-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 3-метилпентин-1.

5-15. Напишите уравнения реакций дегидрогалогенирования следующих веществ:

- а) 1,2-дигром-4-метилпентана;
- б) 2,2-дихлор-5-метилгексана;
- в) 3,3-дихлор-2,4-диметилпентана.

Назовите продукты реакций.

5-16. Напишите уравнения реакций получения из алканов следующих веществ:

- а) 3-метилбутина-1;
- б) 4-метилпентина-2.

Назовите исходные вещества.

5-17. Напишите уравнения реакций получения из дибромалканов следующих веществ:

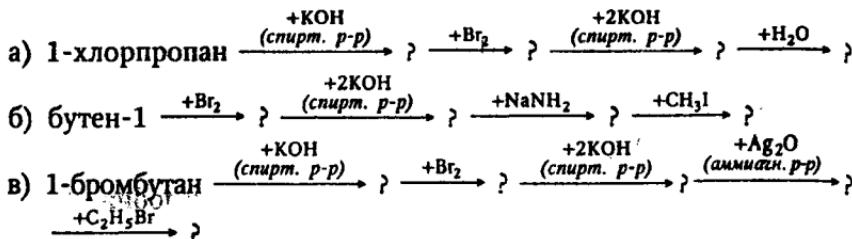
- а) гептина-3;
- б) 2-метилгексина-3;
- в) 2,2-диметилгексина-3.

Назовите исходные вещества.

5-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов реакций.

- а) $\text{Ca} \longrightarrow \text{CaC}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}\begin{matrix} = \\ \diagdown \\ \text{O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{matrix}$
- б) $\text{Al}_4\text{C}_3 \longrightarrow \text{CH}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6$;
- в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$;
- г) $\text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_4$.

5-19. Напишите уравнения реакций, соответствующих данной схеме. Укажите названия продуктов реакций.



5-20. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- ацетилен \longrightarrow винилацетилен \longrightarrow бутадиен-1,3 \longrightarrow 2,3-дibromбутан \longrightarrow бутин-2 \longrightarrow бутен-2 \longrightarrow бутан;
- неорганические вещества \longrightarrow пропин;
- метан \longrightarrow поливинилхлорид (не используя синтез Вюрца);
- дивинил \longrightarrow ацетилен \longrightarrow дивинил;
- изопрен \longrightarrow ацетилен.

5-21. Алкин массой 1 г при нормальных условиях занимает объем 0,56 л. Выведите молекулярную формулу алкина.

5-22. Относительная плотность паров алкина по кислороду равна 2,125. Выведите молекулярную формулу алкина.

5-23. Относительная плотность паров углеводорода по кислороду равна 3. Массовая доля водорода в нем равна 12,5%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

5-24. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 55. Массовая доля углерода в нем равна 87,27%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

5-25. 13,5 г органического вещества при нормальных условиях занимают объем 5,6 л. При сжигании 10,8 г этого вещества образуется 17,92 л углекислого газа (н. у.) и 10,8 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества

5-26. Плотность паров органического соединения по гелию равна 20,5. При сжигании 4,1 г этого вещества образуется 13,2 г диоксида углерода и 4,5 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

5-27. Найдите массу продукта реакции, полученного при действии избытка воды на 10,4 г ацетилена.

5-28. Какой объем метана (н. у.) необходим для получения 234 г ацетилена?

5-29. Какой объем хлороводорода (н. у.) необходим для полного гидрохлорирования 150 л пропина?

5-30. Найдите массу ацетона, образующегося при действии 8 г воды на 16 г пропина.

5-31. Найдите массу диоксида углерода, образующегося при сжигании 17,4 г ацетилена в 33,6 л кислорода (н. у.).

5-32. Найдите массу 2,2-дигидропропана, образующегося при действии избытка бромоводорода на 200 г пропана, массовая доля примесей в котором равна 20%.

5-33. При действии избытка воды на 32 г технического карбида кальция образовалось 8,96 л ацетилена (н. у.). Найдите массовую долю примесей в техническом карбиде кальция.

5-34. Найдите объем метана, необходимый для получения 30 л ацетилена, если доля выхода продукта реакции составляет 60% теоретически возможного.

5-35. Какую массу уксусного альдегида можно получить из 3,36 л ацетилена (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 85% теоретически возможного.

5-36. При действии избытка воды на 512 г карбида кальция образовался ацетилен объемом 134,4 л (н. у.). Найдите долю выхода продукта реакции.

5-37. Найдите массу этана, необходимую для получения 250 г поливинилхлорида.

5-38. Какой объем кислорода (н. у.) необходим для сжигания ацетилена, полученного из 1 м³ метана?

5-39. Углекислый газ, полученный при сгорании 6,8 г углеводорода, пропустили через избыток раствора гидроксида кальция и получили 50 г осадка. Выведите простейшую формулу углеводорода.

5-40. Карбид кальция массой 80 г, содержащий 20% примесей, обработали избытком воды и полученный ацетилен гидратировали. Масса образовавшегося альдегида равна 11 г. Доли выхода продуктов в обеих реакциях одинаковы. Найдите доли выхода продуктов реакций.

§ 6. БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ

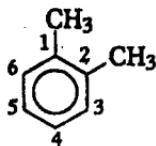
Арены — ароматические углеводороды, в молекулах которых содержится бензольное ядро.

Общая формула аренов C_nH_{2n-6} , где $n \geq 6$.

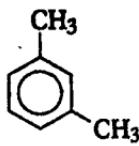
Бензол C_6H_6 — первый представитель аренов.

Номенклатура

Главной углеродной цепью считается бензольное ядро. Нумерация атомов углерода определяется положением простейшего радикала, например:



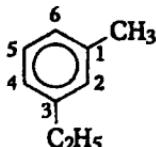
1,2-диметилбензол
о-диметилбензол
(ортого-)



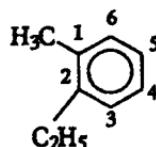
1,3-диметилбензол
м-диметилбензол
(мета-)



1,4-диметилбензол
п-диметилбензол
(пара-)



1-метил, 3-этилбензол,
м-метилэтилбензол



1-метил, 2-этилбензол,
о-метилэтилбензол

Изомерия

Изомерия аренов связана со строением углеродного скелета (бензольное ядро сохраняется).

Строение

Атомы углерода, образующие молекулу бензола, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации (см. § 3). Гибридные облака располагаются в одной плоскости, под углом 120° и образуют σ -связи (рис. 5, а).

Не участвующие в гибридизации p -электронные облака располагаются в пространстве перпендикулярно плоскости σ -связей и образуют единую шестиэлектронную π -систему (π -облако) (см. рис. 5, б).

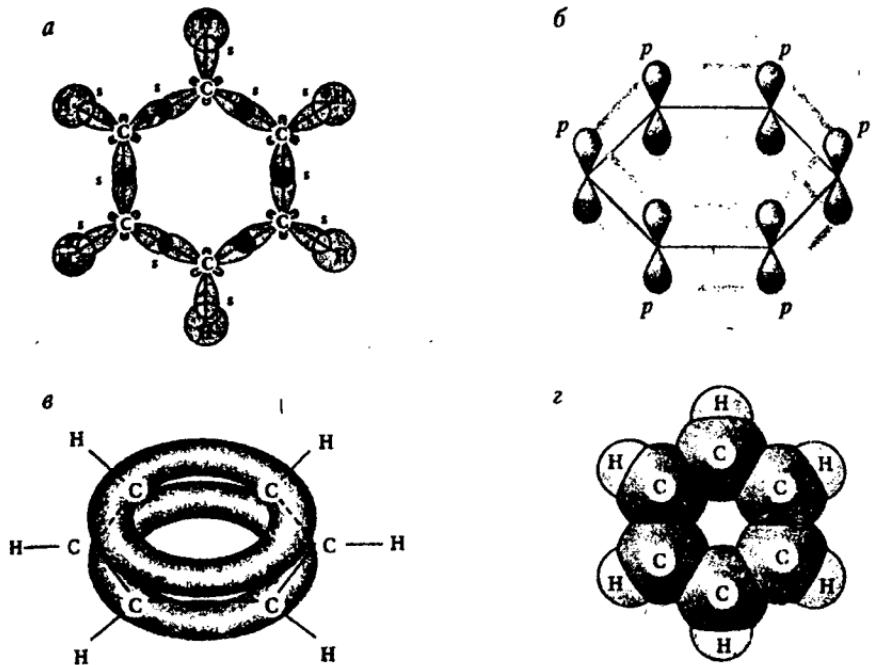


Рис. 5. Строение молекулы бензола:
 а — схема образования σ -связей в молекуле бензола; б, в — схема образования π -системы в молекуле бензола; г — модель молекулы бензола

Все связи в молекуле бензола равноценны. Свойства аренов определяются их строением. Для бензола и его гомологов наиболее характерны реакции замещения, протекающие по ионному механизму. Реакции присоединения идут труднее, чем у алkenов.

Упражнения и задачи

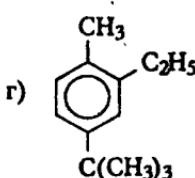
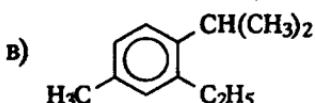
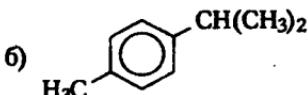
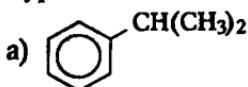
6-1. Напишите графические формулы всех гомологов бензола с молекулярной формулой:

а) C_8H_{10} ; б) C_9H_{12} .

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

6-2. Напишите графические формулы ароматических изомеров состава $(C_2H_5)_2C_6H_4$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

6-3. Назовите следующие соединения по международной номенклатуре:



6-4. Напишите графические формулы:

- а) *п-трет*-бутил-метилбензол;
- б) *о-метилизопропилбензол*;
- в) *о-пропилэтилбензол*;
- г) *1-метил-3-изопропилбензол*;
- д) *п-вторбутилметилбензол*;
- е) *изобутилбензол*.

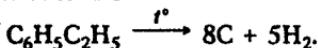
6-5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этилбензола. Укажите условия реакций и названия продуктов.

Решение:

1. Горение

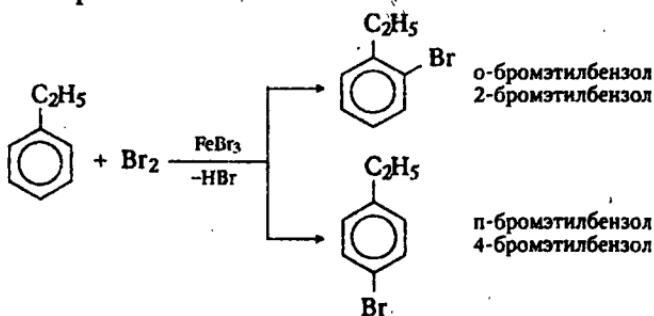


2. Термическое разложение

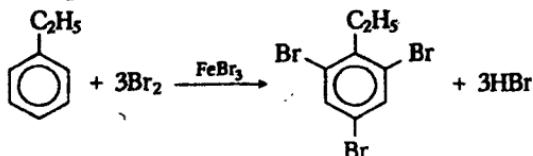


3. Для гомологов бензола характерны реакции замещения, при чем под действием радикала C₂H₅ атомы водорода бензольного кольца в положении 2,4,6 становятся более реакционноспособными:

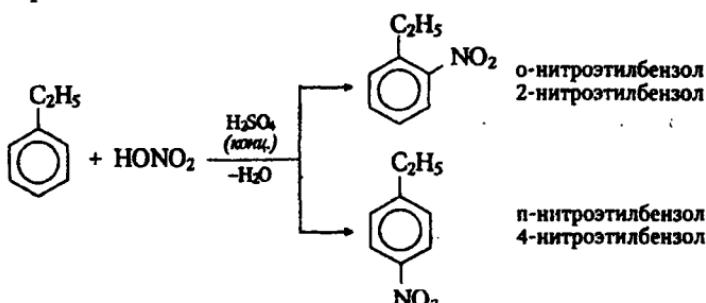
а) галогенирование



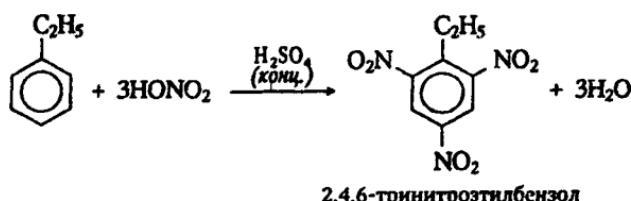
При избытке брома



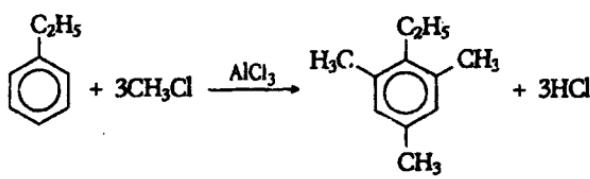
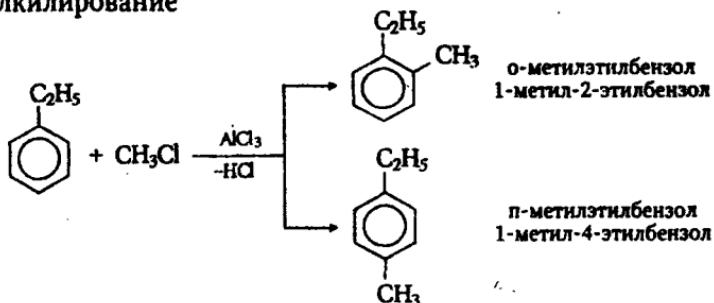
б) нитрование



При избытке азотной кислоты



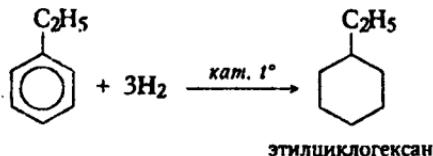
в) алкилирование



1,3,5-trimethyl-6-этилбензол

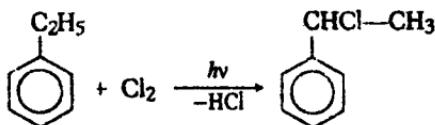
4. Для бензола и его гомологов характерны реакции присоединения, которые идут труднее, чем у алканов.

Гидрирование

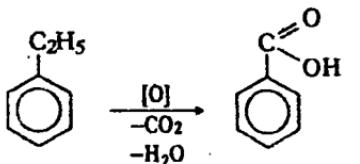


5. Реакция по алкильному радикалу:

1) галогенирование



2) окисление



бензойная кислота

6-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилбензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,2-диметилбензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,3-диметилбензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-10. Напишите уравнения реакций¹, назовите продукты реакции:

- бромбензол + Br₂ (1 моль);
- нитробензол + HNO₃ (1 моль);
- изопропилбензол + HNO₃ (1 моль).

6-11. Напишите уравнения реакций, назовите продукты реакций:

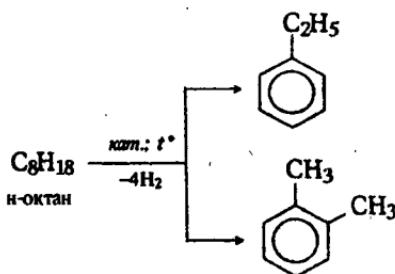
- п-нитротолуол + HNO₃ (1 моль);
- м-хлортолуол + HNO₃ (1 моль);
- м-дихлортолуол + HNO₃ (1 моль);
- хлорбензол + C₂H₅Cl (1 моль);
- бензойная кислота + HNO₃.

6-12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этилбензол. Укажите условия протекания реакций.

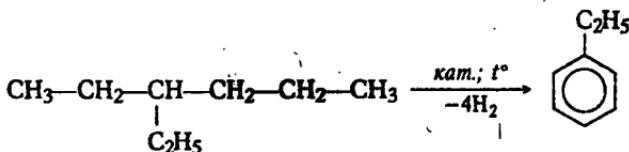
Решение:

1. Ароматизация алканов:

а) октана



б) 3-этилгексана

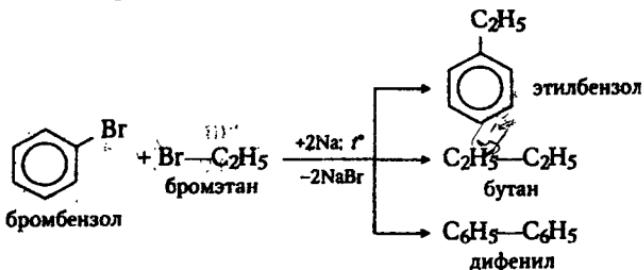


¹ При наличии в ароматическом ядре заместителя равномерность распределения электронной плотности нарушается. Следующий заместитель ориентируется в определенное положение по отношению к уже имеющимся.

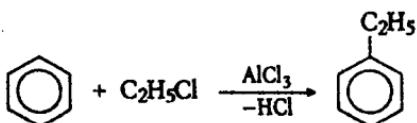
Заместители I рода: алкильные группы (CH₃—; C₂H₅—; C₃H₇— и т. д.); галогены (—Cl, —Br, —I); гидрокси- (—OH) и амино- (—NH₂) группы ориентируют новый заместитель в орто- и параположение.

Заместители II рода: нитро- (—NO₂), сульфо- (—SO₂OH), карбоксильная (—COOH) группы ориентируют новый заместитель в метаположение.

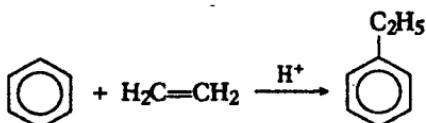
2. Реакция Бюрга—Фиттига



3. Алкилирование бензола (реакция Фриделя—Крафтса)



4. Взаимодействие бензола с алкенами



6-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бензол. Укажите условия протекания реакций.

6-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 1,2-диметилбензол.

6-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 1,3-диметилбензол.

6-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- CaO → CaC₂ → C₂H₂ → C₆H₆ → C₆H₅Cl → C₆H₅CH₃;
- C₆H₁₄ → C₆H₆ → C₆H₅CH₃ → C₆H₂Br₃(CH₃).

Укажите условия реакций и названия продуктов.

6-17. Напишите уравнения реакций, соответствующих данной схеме. Назовите продукты реакций:

- бензол → ? → ? → ? → ?
 - бензол → ? → ? → ? → ?
- +C₂H₅Br +HNO₃
 (1 моль)
 +CH₃Cl +KMnO₄
 +KMnO₄ +HNO₃

6-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций:

- а) бензол \longrightarrow 4-пропил-1-этилбензол;
- б) бензол \longrightarrow о-хлортолуол;
- в) бензол \longrightarrow п-бромбензойная кислота;
- г) бензол \longrightarrow 1-бром-3-нитробензол;
- д) бензол \longrightarrow 1-нитро-2-хлорбензол;
- е) бензол \longrightarrow 2,4-дихлорбензойная кислота.

6-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций:

- а) неорганические вещества \longrightarrow 2,4,6-тринитротолуол;
- б) метилциклопропан \longrightarrow гексахлоран;
- в) изобутан \longrightarrow толуол;
- г) бутен-2 \longrightarrow этилбензол;
- д) углерод \longrightarrow о-бромтолуол;
- е) карбид алюминия \longrightarrow стирол;
- ж) изопрен \longrightarrow 1,3,5-тритиумилбензол;
- з) 3-метилбутин-1 \longrightarrow бензойная кислота.

6-20. Относительная плотность по водороду паров ароматического углеводорода ряда бензола равна 46. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

6-21. Гомолог бензола имеет относительную плотность паров по воздуху 4,62. Выведите его молекулярную формулу.

6-22. Относительная плотность паров углеводорода по кислороду равна 3,75. Массовая доля углерода в нем равна 90%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

6-23. Относительная плотность паров углеводорода по углекислому газу равна 2,41. Массовая доля водорода в нем равна 9,43%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

6-24. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 2,69. При сгорании 19,5 г этого вещества образуется 66 г углекислого газа и 13,5 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

6-25. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 53. При сгорании 2,65 г этого вещества образуется 4,48 л углекислого газа (н. у.) и 2,25 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

6-26. Найдите массу нитробензола, полученного при действии избытка азотной кислоты на 234 г бензола.

6-27. Какой объем водорода (н. у.) необходим для гидрирования 55,2 г толуола?

6-28. Найдите массу 2,4,6-трибромтолуола, полученного при действии 180 г брома на 27,6 г толуола.

6-29. Найдите массу циклогексана, полученного при гидрировании 46,8 г бензола водородом, занимающим при нормальных условиях объем 44,8 л.

6-30. При получении 2,4,6-тринитротолуола толуол-массой 230 г полностью реагирует с 750 г раствора азотной кислоты. Найдите массовую долю азотной кислоты в этом растворе.

6-31. При дегидроциклизации технического гексана массой 126,74 г получен бензол массой 109,2 г. Найдите массовую долю примесей в техническом гексане.

6-32. При нитровании 15,6 г бензола получен нитробензол массой 22,14 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

6-33. На 390 г бензола подействовали при нагревании и ультрафиолетовом облучении избытком хлора. Найдите массу образующегося продукта, если доля его выхода составляет 80% теоретически возможного.

6-34. При тримеризации ацетилена получен бензол массой 187,2 г. Найдите объем использованного ацетилена (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 60% теоретически возможного.

6-35. Карбид кальция массой 25,6 г обработали избытком воды, и полученный ацетилен подвергли тримеризации. Какую массу нитробензола можно получить из образовавшегося бензола?

6-36. Найдите массу гептана, необходимую для получения 68,1 г 2,4,6-тринитротолуола.

6-37. 195 г бензола, содержащего 20% примесей, обработали раствором азотной кислоты массой 200 г с массовой долей кислоты 70% и получили 196,8 г нитробензола. Найдите долю выхода нитробензола.

6-38. Какую массу циклогексана можно получить трехстадийным синтезом из 112 л метана (н. у.), если доли выхода продукта синтеза составляют соответственно 70, 80 и 90% теоретически возможного?

§ 7. ОБОБЩЕНИЕ СВЕДЕНИЙ ОБ УГЛЕВОДОРОДАХ

7-1. Какие из перечисленных ниже веществ являются гомологами?

Пропан; бутен-1; этин; 2-метилбутан; пентин-2; диметилпропан; 2-метилнонан; гексен-3; н-гептан; пентин-1; октен-1; 2,2-диметилгексан.

7-2. Какие из перечисленных ниже веществ являются изомерами?

2,2,3-триметилпентан; метилцикlobутан; н-октан; пентин-3; тетраметилбутан; 2-метилбутен-2; 2-метилбутадиен-1,3; 1,2-диметилциклопропан; 3-метилбутин-1; 2-метил-3-этилпентан; пентен-2; цикlopентен.

7-3. Молекулярная формула изомерных углеводородов А, Б и В — C_5H_{12} . Углеводород А образует единственноеmonoхлорпроизводное, углеводород Б — три monoхлорпроизводных, а углеводород В — четыре monoхлорпроизводных. Назовите эти углеводороды. Напишите уравнения реакций образования их monoхлоридов.

7-4. Молекулярная формула изомерных углеводородов А, Б, В — C_6H_{14} . Углеводород А образует два monoхлорпроизводных, углеводород Б — три monoхлорпроизводных, а углеводород В — пять monoхлорпроизводных. Назовите эти углеводороды. Напишите уравнения реакций образования их monoхлоридов.

7-5. Молекулярная формула изомерных углеводородов А, Б, В — C_4H_8 . При гидрировании вещества А образуется один продукт, а при гидрировании вещества Б — два продукта. Назовите эти вещества, напишите уравнения реакций их гидрирования.

7-6. Каждый из изомерных циклоалканов А, Б и В состава C_6H_{12} при гидрировании образует единственный продукт. Назовите эти вещества, напишите уравнения реакций их гидрирования.

7-7. Каждый из изомерных углеводородов А, Б и В состава C_6H_{12} при гидробромировании образует одно mono brom производное. Назовите эти углеводороды, напишите уравнения реакций их гидробромирования.

7-8. При гидратации алкина состава C_6H_{10} образуется единственный продукт. Назовите алкин, напишите уравнение реакции его гидратации.

7-9. Молекулярная формула изомерных ароматических углеводородов А, Б, В и Г — C_8H_{10} . При бромировании в присутствии катализатора вещество А образует одно монобромпроизводное, вещество Б — два монобромпроизводных, а вещества В и Г — по три монобромпроизводных. Назовите эти углеводороды. Напишите уравнения реакций образования их монобромидов.

7-10. Ароматический углеводород состава C_9H_{12} образует при нитровании единственное мононитропроизводное. Назовите этот углеводород, напишите уравнение реакции его нитрования.

7-11. Определите вид изомерии н-бутана и изобутана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-12. Определите вид изомерии н-пентана и диметилпропана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-13. Определите вид изомерии циклопентана и метилциклогексана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-14. Определите вид изомерии циклогексана и 1,2,3-триметилциклогексана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-15. Определите вид изомерии бутена-1 и бутена-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-16. Определите вид изомерии пентина-1 и пентина-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-17. Определите вид изомерии бутадиена-1,2 и бутадиена-1,3. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-18. Определите вид изомерии циклопентана и пентена-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-19. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с водородом?

2,3-диметилпентан; 2-метилпентадиен-1,3; циклобутан; гексин-1; н-гептан; 1,3-диметилбензол; бутадиен-1,2; метилциклогексан; 3,3-диметилпентен-1.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-20. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с бромной водой?

3-метилгексан; 2,3-диметилбутен-2; бензол; пропадиен; изобутан; метилциклогексан; циклогексен; пропин; пентен-2; бутадиин.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-21. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с бромоводородом?

Н-гексан; циклопропан; 2-метилбутадиен-1,3; пентен-2; 2,3,3-триметилпентан; циклобутен; этилциклогексан; 3-метилбутин-1; 1,2-диметилбензол.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-22. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с водой?

Диметилпропан; циклопентан; пентадиен-1,4; 2,4-диметилпентен-2; пентин-1; 2-метил-3-этилгексан; циклогептен; 1,1-диметилциклогексан; этилбензол; гексадиен-1,3.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-23. Какой продукт будет наиболее вероятен в следующих реакциях:

- 2-метилбутен-2 + вода;
- 3-хлорпропен + бромоводород;
- 2-хлорпропен + хлороводород;
- 1,1,4-трихлорпропен + бромоводород;
- изопропилбензол + азотная кислота (1 моль);
- нитробензол + азотная кислота (1 моль).

Мотивируйте свой ответ, рассмотрев взаимное влияние атомов в молекулах. Напишите уравнения соответствующих реакций.

Часть II

КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

§ 8. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОДНОАТОМНЫЕ СПИРТЫ

Спирты — это органические вещества, содержащие одну или несколько гидроксигрупп, соединенных с углеводородным радикалом.

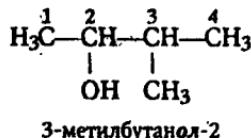
Предельные спирты содержат радикал алкана. Одноатомные спирты содержат одну гидроксигруппу в молекуле.

Общая формула $C_nH_{2n+1}OH$.

Номенклатура

Функциональная группа спиртов — OH. Нумерация атомов углерода в главной цепи определяется положением гидроксигруппы. Названия спиртов образуются от названий соответствующих алканов добавлением суффикса **-ол**.

Например:



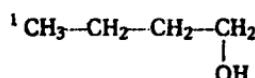
Изомерия

1. Изомерия строения углеродного скелета.

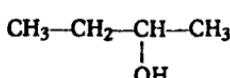
2. Изомерия положения гидроксигруппы.

3. Межгрупповая изомерия (с простыми эфирами).

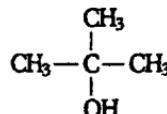
По типу атома углерода, связанного с гидроксигруппой, различают первичные, вторичные и третичные спирты¹.



бутанол-1
(первичный спирт)



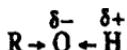
бутанол-2
(вторичный спирт)



2-метилпропанол-2
(третичный спирт)

Строение

В предельных одноатомных спиртах все связи — σ-связи.



Связь $O \leftarrow H$ сильнополярная, на атоме кислорода образуется частичный отрицательный, а на атоме водорода частичный положительный заряд. Вследствие этого атом водорода гидроксигруппы обладает большей реакционной способностью, чем атомы водорода в углеводородном радикале.

Для спиртов также характерны реакции с разрывом ковалентной полярной связи $C \rightarrow O$.

Упражнения и задачи

8-1. Напишите графические формулы всех изомерных спиртов с молекулярной формулой $C_5H_{12}O$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

8-2. Напишите графические формулы всех изомерных спиртов с молекулярной формулой $C_6H_{14}O$, в которых главная цепь состоит из пяти атомов углерода. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

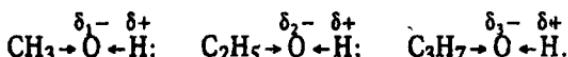
8-3. Напишите графические формулы следующих веществ:

- 2-метил-3-этилгептанол-2;
- 2,2,3- trimетилбутанол-1;
- 3-метил-4-пропилгептанол-2;
- 3-изопропил-2,2-диметилгексанол-3;
- 4-*трем*-бутил-3-этилоктанол-3;
- 2,3,4,5-тетраметилгексанол-1,

8-4. Сравните кислотные свойства следующих спиртов: метанол, этанол, пропанол-1.

Решение:

Кислотные свойства спиртов обусловлены подвижностью атома водорода в гидроксигруппе. Чем более поляризована связь $O \leftarrow H$, тем больше выражены кислотные свойства.



С увеличением положительного индуктивного эффекта углеводородного радикала возрастает частичный отрицательный заряд на атоме кислорода $|\delta_1| < |\delta_2| < |\delta_3|$, следовательно, поляризация связи $\text{O} \leftarrow \text{H}$ уменьшается от метанола к пропанолу, и кислотные свойства спиртов в этом ряду ослабляются.

8-5. Сравните кислотные свойства следующих спиртов:

- пропанол-1; пропанол-2;
- пропанол-1; 2-хлорпропанол-1;
- 2-хлорбутанол-1; 3-хлорбутанол-1; 4-хлорбутанол-1;
- 2-фторбутанол-1; 2-хлорбутанол-1; 2-бромбутанол-1;
- 4-хлорбутанол-1; 4,4-дихлорбутанол-1; 4,4,4-трихлорбутанол-1.

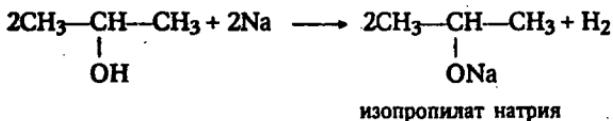
8-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропанола-2.

Решение:

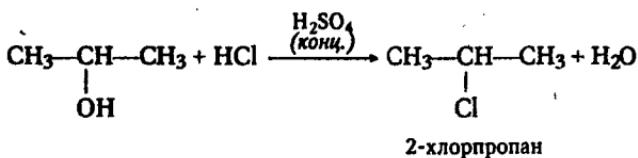
1. Горение



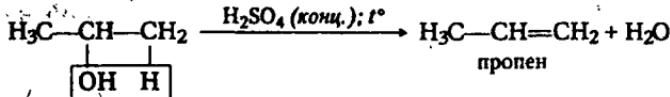
2. Взаимодействие со щелочным металлом



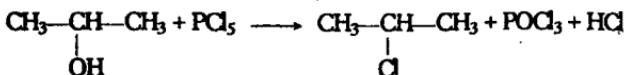
3. Взаимодействие с галогеноводородами¹



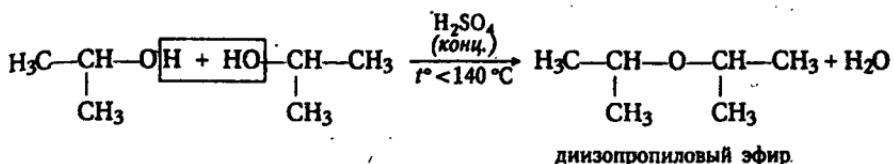
4. Внутримолекулярная дегидратация (см. 3-17)



¹ Галогеноалканы образуются также при действии на спирт пентахлорида фосфора:

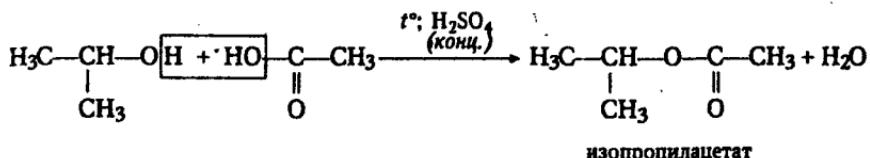


5. Межмолекулярная дегидратация — образование простого эфира:

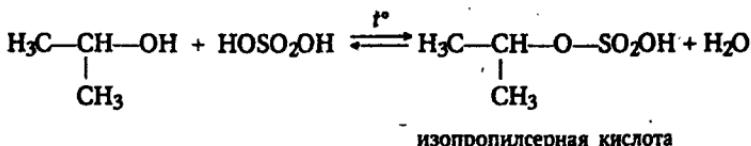


6. Взаимодействие с кислотами — образование сложных эфиров:

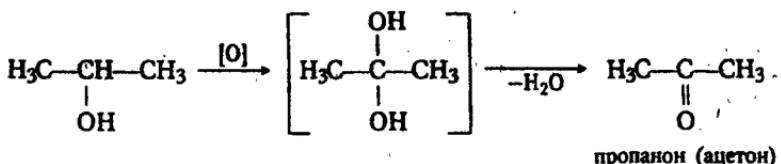
а) с карбоновыми кислотами



б) с неорганическими кислотами



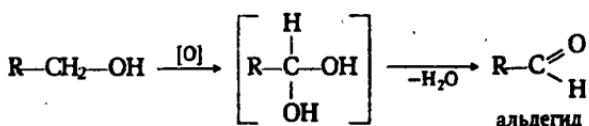
7. Окисление спиртов¹



8-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метанола.

8-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2-метилбутанола-2.

¹ При окислении первичных спиртов образуются альдегиды:



Третичные спирты при таких условиях не окисляются, а при окислении в более жестких условиях происходит расщепление молекулы и образуется смесь карбоновых кислот.

8-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2,3-диметилбутанола-1.

8-10. Напишите уравнения реакций межмолекулярной дегидратации следующих смесей спиртов:

- метанола и пропанола-1;
- метанола и пропанола-2;
- 2-метилбутанола-2 и пропанола-1;
- 2,2-диметилпентанола-3 и этанола.

8-11. Напишите формулы спиртов, при внутримолекулярной дегидратации которых образуются следующие алкены:

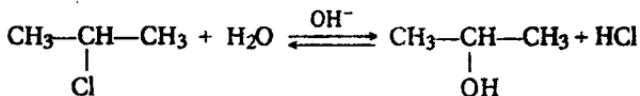
- 2,3-диметилбутен-2;
- 2,4-диметил-3-этилгексен-1;
- 2-метил-3-этилпентен-2.

Назовите исходные спирты по международной номенклатуре.

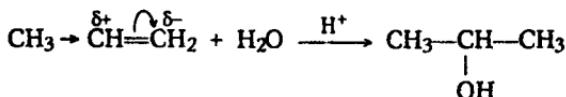
8-12. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить пропанол-2.

Решение:

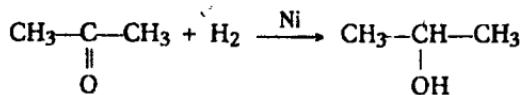
1. Гидролиз моногалогенпроизводного алкана



2. Гидратация алкена (реакция идет по правилу В. В. Марковникова)

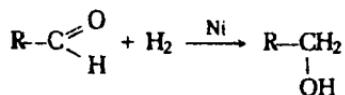


3. Восстановление кетона¹



8-13. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить метанол.

¹ Для получения первичных спиртов используют реакцию восстановления альдегидов:



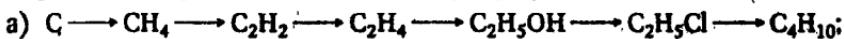
8-14. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить этанол:

8-15. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить пропанол-1.

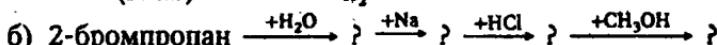
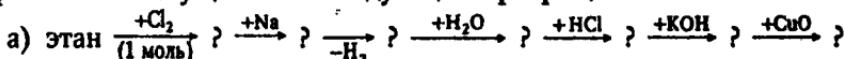
8-16. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить 2-метилбутанол-1.

8-17. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить бутанол-2.

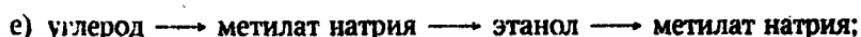
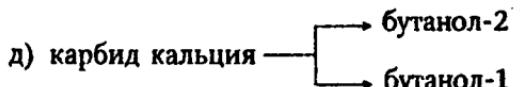
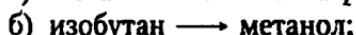
8-18. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, названия продуктов.



8-19. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



8-20. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие переходы. Укажите условия реакций.



8-21. Относительная плотность паров предельного одноатомного спирта по кислороду равна 2,75. Выведите молекулярную формулу спирта.

8-22. Предельный простой эфир массой 10 г при нормальных условиях занимает объем 4,87 л. Выведите молекулярную формулу эфира.

8-23. Относительная плотность паров органического соединения по воздуху равна 2,552. Массовая доля углерода в этом веществе равна 64,86%, массовая доля водорода равна 13,51%, массовая доля кислорода равна 21,63%. Выведите молекулярную формулу этого вещества.

8-24. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 65. Массовая доля углерода в этом веществе равна 73,85%, массовая доля водорода равна 13,85%, массовая доля кислорода равна 12,3%. Выведите молекулярную формулу этого вещества.

8-25. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 51. При сжигании 30,6 г этого вещества образовалось 79,2 г диоксида углерода и 37,8 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

8-26. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 3,625. При сжигании 29 г этого вещества образуется 39,2 л углекислого газа (н. у.) и 36 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

8-27. Какой объем диметилового эфира (н. у.) можно получить при межмолекулярной дегидратации метилового спирта массой 160 г?

8-28. Найдите объем кислорода (н. у.), необходимого для сжигания 4,4 г пентанола-2.

8-29. Найдите массу 2-бромпропана, необходимого для получения изопропилового спирта массой 21 г.

8-30. На 4,6 г натрия подействовали пропанолом-2 массой 9 г. Найдите объем выделившегося при этом газа (н. у.).

8-31. Найдите массу меди, полученной при действии 29,9 г этанола на 60 г оксида меди (II).

8-32. Какой объем водорода (н. у.) выделится при действии на избыток натрия 50 г водного раствора этанола с массовой долей спирта 92%?

8-33. При действии на избыток оксида меди (II) 120 г технического пропанола-1 образовалась медь массой 115,2 г. Найдите массовую долю примесей в техническом спирте.

8-34. Какая масса 92%-ного раствора этилового спирта необходима для получения 1,12 л этилена (н. у.)?

8-35. Из 276 г этанола синтезом Лебедева получен дивинил массой 145,8 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

8-36. Какую массу этилового спирта можно получить гидратацией 134,4 л этилена (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 80% теоретически возможного?

8-37. Найдите массу 2-бромбутана, необходимого для получения 88,8 г бутанола-2, если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

8-38. Какой объем водорода (н. у.) выделится при действии на избыток калия спиртом, полученным гидратацией 10 л этилена (н. у.)?

8-39. Пропен подвергли гидратации и из образовавшегося спирта получили простой эфир массой 61,2 г. Найдите объем использованного пропена (н. у.).

8-40. Смесь этана с этеном объемом 50 л (н. у.) гидратировали и получили 69 г этанола, доля выхода которого составляет 75% от теоретически возможного. Найдите объемную долю этана в исходной смеси.

8-41. Из 84 л бутана (н. у.) с объемной долей примесей 20% двухстадийным синтезом получен бутанол-2 массой 55,5 г. Доли выхода продуктов первой и второй стадий синтеза одинаковы. Найдите доли выхода продуктов.

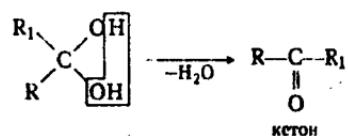
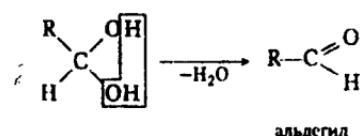
§ 9. ПРЕДЕЛЬНЫЕ МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ

Предельные многоатомные спирты содержат несколько гидроксигрупп, связанных с углеводородным радикалом¹.

Номенклатура

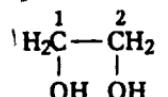
Название спирта образуется от названия соответствующего углеводорода, цифрами указывается положение гидроксигрупп, а перед

¹ Молекулы спиртов, содержащих две гидроксигруппы у одного атома углерода, неустойчивы и разлагаются с образованием альдегидов или кетонов:

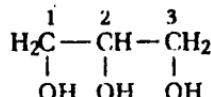


суффиксом **-ол** ставится частица, обозначающая число гидроксигрупп (ди-, три-, тетра- и т. д.).

Например:



этандиол-1,2
(этиленгликоль)



пропантриол-1,2,3
(глицерин)

Изомерия

1. Изомерия строения углеродного скелета.

2. Изомерия взаимного положения функциональных групп.

Строение

В многоатомных спиртах гидроксигруппы взаимно влияют друг на друга, при этом увеличивается подвижность атомов водорода в гидроксигруппах, т. е. усиливаются кислотные свойства.

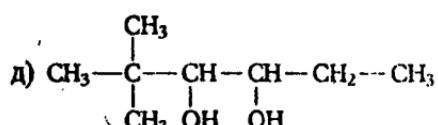
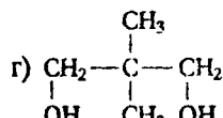
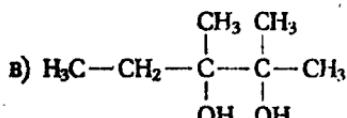
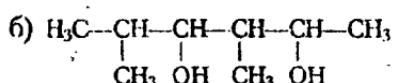
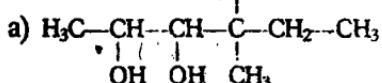
Упражнения и задачи

9-1. Напишите графические формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$. Назовите эти вещества.

9-2. Напишите графические формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$. Назовите эти вещества.

9-3. Напишите графические формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$. Назовите эти вещества.

9-4. Назовите данные вещества по международной номенклатуре. Какие из данных веществ являются изомерами?



9-5. Напишите графические формулы следующих веществ:

- 2,3-диметилгексантиол-1,3,5;
- 3,3-диметилпентандиол-1,5;
- 2-метил-3-этилгександиол-2,3;
- 4-*трем*-бутил-2,2,6,6-тетраметилгептантиол-3,4,5.

9-6. Сравните кислотные свойства следующих спиртов: этанол и этандиол (этиленгликоль).

9-7. Сравните кислотные свойства следующих спиртов: бутандиол-1,2; бутандиол-1,3; бутандиол-1,4.

9-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этандиола.

9-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропантиола.

9-10. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить этандиол.

9-11. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить глицерин.

9-12. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить бутандиол-2,3.

9-13. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- метан \longrightarrow этан \longrightarrow этен \longrightarrow этандиол $\xrightarrow{+Cu(OH)_2}$?
- пропан \longrightarrow пропен \longrightarrow 3-хлорпропен \longrightarrow 1,2,3-трихлорпропан \longrightarrow глицерин \longrightarrow тринитроглицерин;
- этиленгликоль \longrightarrow 1,2-дибромэтан \longrightarrow этин \longrightarrow бензол \longrightarrow нитробензол.

9-14. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- метан \longrightarrow глицерин;
- метан \longrightarrow глицерин (не используя синтез Вюрца);
- этиленгликоль \longrightarrow глицерин;
- этиленгликоль \longrightarrow 2,4,6-тринитротолуол;
- этилат натрия \longrightarrow этиленгликоль \longrightarrow этилат натрия.

9-15. Относительная плотность паров предельного двухатомного спирта по диоксиду углерода равна 2,045.

Выполните молекулярную формулу спирта.

9-16. Относительная плотность паров предельного трехатомного спирта по воздуху равна 4,62.

Выvodite molekulyarnuyu formulu spirta.

9-17. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 53. Массовая доля углерода в этом веществе равна 45,28%, массовая доля водорода равна 9,44%, массовая доля кислорода равна 45,28%.

Выvodite molekulyarnuyu formulu organicheskogo veshchestva.

9-18. Относительная плотность паров органического вещества по азоту равна 6,5. Массовая доля углерода в этом веществе равна 39,56%, массовая доля водорода равна 7,69%, массовая доля кислорода равна 52,75%.

Выvodite molekulyarnuyu formulu organicheskogo veshchestva.

9-19. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 45. При сжигании 5,4 г этого вещества образовалось 5,376 л углекислого газа (н. у.) и 5,4 г воды.

Выvodite molekulyarnuyu formulu organicheskogo veshchestva.

9-20. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 4,69. При сжигании 95,2 г этого вещества образовалось 154 г диоксида углерода и 75,6 г воды.

Выvodite molekulyarnuyu formulu organicheskogo veshchestva.

9-21. Какой объем этилена (н. у.) необходимо окислить для получения 310 г этиленгликоля?

9-22. Найдите массу натрия, взаимодействующего с 2,48 г этандиола с образованием средней соли.

9-23. Найдите массу глицерина, необходимую для получения 567,5 г тринитроглицерина.

9-24. Найдите массу спирта, образующегося при действии 21,6 г воды на 27,2 г пентадиена-1,4.

9-25. Какой объем водорода (н. у.) выделится при действии 12,4 г этандиола на образец натрия массой 13,8 г?

9-26. Найдите максимальную массу натрия, который реагирует с 40 г водного раствора этиленгликоля, если массовая доля спирта в этом растворе составляет 77,5%.

9-27. Найдите массу 90%-ного раствора азотной кислоты, необходимой для получения тринитроглицерина из 46 г глицерина.

9-28. При нитровании 110,4 г глицерина получен тринитроглицерин массой 204,3 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

9-29. Какой объем этилена (н. у.) необходимо окислить для получения 303,8 г этиленгликоля, если доля выхода продукта реакции составляет 70% теоретически возможного?

9-30. Найдите массу глицерина, который можно получить из 112,4 г 1,2,3-трибромпропана, если доля выхода продукта реакции составляет 60% теоретически возможного.

9-31. Найдите массу этиленгликоля, который можно получить из 56 г этана (н. у.).

9-32. При пропускании продуктов сгорания глицерина через избыток раствора гидроксида кальция выпал осадок массой 30 г.

Найдите массу сгоревшего глицерина.

9-33. Какую массу тринитроглицерина можно получить при действии 260 г 80%-ного раствора азотной кислоты на 36,8 г глицерина, если доля выхода продуктов реакции составляет 75% теоретически возможного?

9-34. Этан, полученный синтезом Вюрца из метана, дегидрировали до этилена. Образовавшийся этилен окислили и получили 193,75 г этиленгликоля, содержащего 20% примесей.

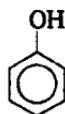
Найдите объем исходного метана (н. у.), если доли выхода продуктов во всех описанных реакциях составляют 90% теоретически возможных.

§ 10. ФЕНОЛЫ

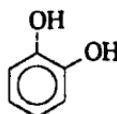
Фенолы — органические вещества, в молекулах которых гидроксигруппы непосредственно связаны с бензольным ядром.

По количеству гидроксигрупп различают одноатомные, двухатомные, трехатомные фенолы.

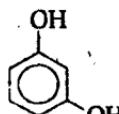
Номенклатура



фенол
гидроксибензол



о-дигидроксибензол
(ортодигидроксибензол)
1,2-дигидроксибензол



м-дигидроксибензол
(метадигидроксибензол)
1,3-дигидроксибензол



п-дигидроксибензол
(парадигидроксибензол)
1,4-дигидроксибензол

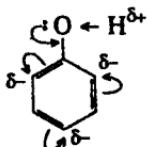
Изомерия

1. Изомерия строения углеродного скелета.
2. Изомерия взаимного расположения функциональных групп.

Строение

Неподеленная электронная пара атома кислорода вступает в сопряжение с π -системой бензольного кольца. Вследствие этого увеличивается полярность связи O \leftarrow H и возрастает подвижность атомов водорода в гидроксигруппе.

Влияние гидроксигруппы на бензольное ядро сказывается в увеличении подвижности атомов водорода в положениях 2,4,6 (т. е. в орто- и пара-). Таким образом гидроксигруппа является ориентантом первого рода (см. с. 55).



Свойства фенола обусловлены его строением.

Фенол обладает более сильными кислотными свойствами, чем предельные одноатомные спирты. В бензольном ядре в положении 2,4,6 атомы водорода достаточно легко замещаются.

Упражнения и задачи

10-1. Напишите графические формулы всех изомерных фенолов с молекулярной формулой $C_6H_3(OH)_3$. Назовите вещества по международной номенклатуре.

10-2. Напишите графические формулы всех изомерных фенолов с молекулярной формулой $C_6H_3(CH_3)(OH)_2$. Назовите вещества по международной номенклатуре.

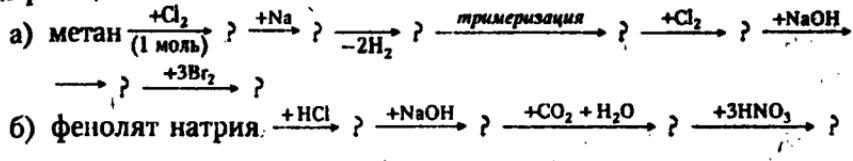
10-3. Напишите графические формулы следующих веществ:

- 1,3-дигидрокси-2-метилбензол;
- м-метил-п-этилфенол;
- о-метил-п-пропилфенол;
- 4-*трет*-бутил-2,5-диметилфенол.

10-4. Сравните кислотные свойства:

- фенола и этанола;
- фенола и циклогексанола;
- фенола и 2,4,6-тринитрофенола.

10-5. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций.



10-6. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций.

- a) карбид кальция \longrightarrow этин \longrightarrow бензол \longrightarrow бромбензол \longrightarrow
 \longrightarrow фенол;
- b) циклогексан \longrightarrow бензол \longrightarrow изопропилбензол \longrightarrow фенол.

10-7. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций.

- a) неорганические вещества \longrightarrow фенол;
- b) этилат натрия \longrightarrow фенолят натрия;
- c) этиленгликоль \longrightarrow пикриновая кислота;
- d) дивинил \longrightarrow дифениловый эфир;
- e) карбид алюминия \longrightarrow п-метилфенол.

10-8. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 3,375. Массовая доля углерода в этом веществе равна 77,78%, массовая доля водорода равна 7,41%, массовая доля кислорода равна 14,81%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

10-9. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 55. Массовая доля углерода в этом веществе равна 65,45%, массовая доля водорода равна 5,45%, массовая доля кислорода равна 29,1%.

Выполните молекулярную формулу органического соединения.

10-10. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 4,25. При сжигании 13,6 г этого вещества образуется 39,6 г диоксида углерода и 10,8 г воды.

Выполните молекулярную формулу органического соединения.

10-11. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 62. При сжигании 24,8 г этого вещества образуется 31,36 г углекислого газа (н. у.) и 14,4 г воды.

Выполните молекулярную формулу органического соединения.

10-12. При действии фенола на избыток натрия выделилось 6,72 л водорода (н. у.).

Найдите массу прореагированного фенола.

10-13. Найдите массу бромбензола, необходимого для получения 23,5 г фенола.

10-14. Какую массу 2,4,6-тринитрофенола можно получить при нитровании 37,6 г фенола?

10-15. Найдите массу фенолята натрия, образующегося при действии 13,5 г гидроксида натрия на 28,2 г фенола.

10-16. Найдите массу фенола, полученного при действии 8,2 г гидроксида натрия на 23,55 г бромбензола.

10-17. На смесь бензола с фенолом массой 20 г подействовали избытком натрия. Найдите объем выделившегося газа (н. у.), если массовая доля бензола в смеси составляет 6%.

10-18. Какая масса 10%-ного раствора гидроксида натрия может вступить в реакцию с 42,3 г фенола?

10-19. Для получения 2,4,6-тринитрофенола из 470 г фенола потребовалось 1050 г раствора азотной кислоты.

Найдите массовую долю азотной кислоты в этом растворе.

10-20. При действии избытка щелочи на 62,8 г бромбензола получили 30,08 г фенола.

Найдите долю выхода продукта реакции.

10-21. Какая масса фенола потребуется для получения 41,22 г 2,4,6-тринитрофенола, если доля выхода продукта составляет 90% теоретически возможного?

10-22. Какую массу фенолята натрия можно получить из 28,2 г фенола, если доля выхода продукта реакции составляет 70% теоретически возможного?

10-23. При взаимодействии некоторого количества фенола с избытком натрия выделился водород объемом 15,68 л (н. у.). Найдите массу бензола, необходимую для получения этого количества фенола.

10-24. При действии на избыток натрия некоторого количества фенола выделилось столько же водорода, сколько при действии на

избыток натрия глицерином массой 55,2 г. Найдите массу использованного фенола.

10-25. Найдите массу 10%-ного раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации фенола, полученного из 300 г бензола, содержащего 22% примесей.

§ 11. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

Альдегиды и кетоны – это карбонильные соединения. Они содержат группу атомов $\text{C}=\text{O}$, которая называется карбонильной группой (или оксогруппой).

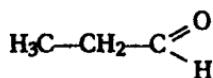
В молекулах альдегидов карбонильная группа соединена с углеводородным радикалом и атомом водорода $\text{R}-\text{C}=\text{O}-\text{H}$.

В молекулах кетонов карбонильная группа соединена с двумя углеводородными радикалами $\text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2$.

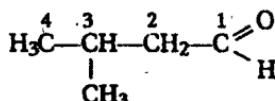
Номенклатура (см. § 1)

Название альдегида образуется от названия соответствующего углеводорода с добавлением суффикса **-аль**.

Нумерация атомов углерода начинается от функциональной группы.



пропаналь

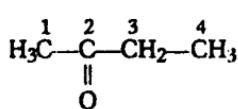


3-метилбутаналь

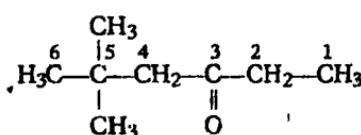
Название кетона образуется от названия соответствующего углеводорода. Цифрой указывается положение карбонильной группы и добавляется суффикс **-он**.

Нумерация атомов углерода начинается с того конца, к которому ближе расположена карбонильная группа.

Например:



бутанон



5,5-диметилгексанон-3

Изомерия

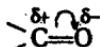
1. Изомерия альдегидов и кетонов связана со строением углеродного скелета.
2. Изомерия кетонов связана с положением карбонильной группы.
3. Межгрупповая изомерия (альдегиды и кетоны).

Строение

Атом углерода карбонильной группы находится в состоянии sp^2 -гибридизации и образует три σ -связи и одну π -связь.



Из-за большей электроотрицательности атома кислорода электронная плотность (главным образом π -связи) оказывается смещенной от атома углерода к атому кислорода.

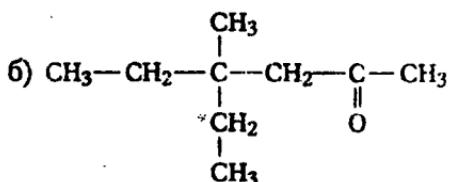
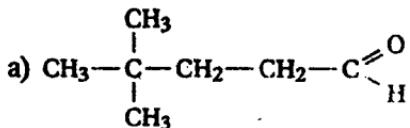


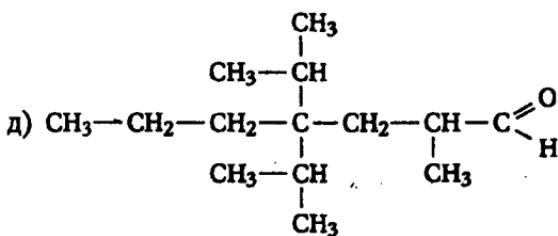
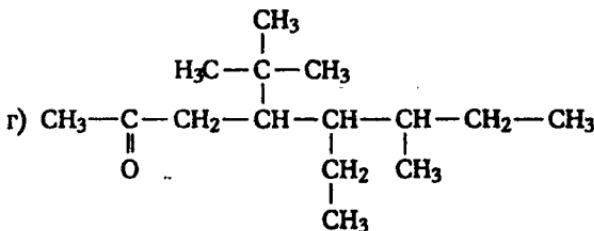
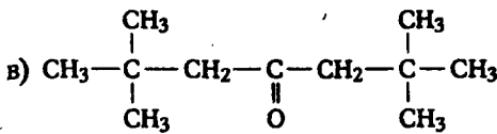
Свойства альдегидов и кетонов обусловлены их строением. Благодаря наличию двойной связи для них характерны реакции присоединения. В альдегидах карбонильная группа оказывает влияние на связанный с ней атом водорода, в результате чего альдегиды легко окисляются.

Упражнения и задачи

11-1. Напишите графические формулы всех изомерных карбонильных соединений с молекулярной формулой: а) C_4H_8O ; б) $C_5H_{10}O$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

11-2. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:





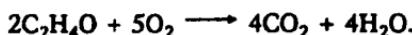
11-3. Напишите графические формулы следующих веществ:

- 2,2-диметилгексанон-3;
- 2,3,4-триметилпентаналь;
- 3-метил-4-этилгептаналь;
- 4-*трем*-бутилгептанон-3;
- 4-изобутилоктаналь;
- 3-изопропил-2,3,4-триатилгексаналь;
- 2,4,5-триметил-4-этилгексанон-3.

11-4. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этаналя. Укажите условия протекания реакций.

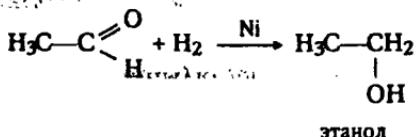
Решение:

1. Горение

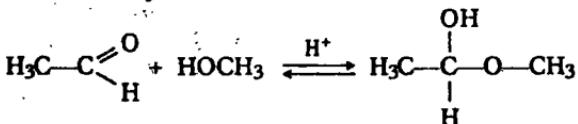


2. Для альдегидов характерны реакции присоединения по месту разрыва двойной связи $>\text{C=O}$:

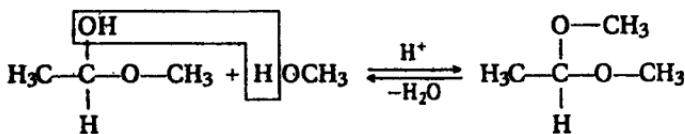
а) гидрирование¹ (восстановление)



б) образование полуацеталей

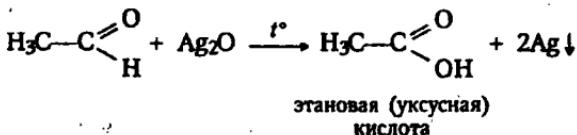


и ацеталей

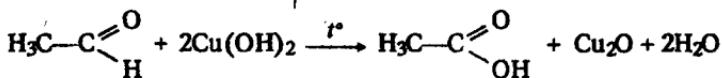


3. Окисление:

а) аммиачным раствором оксида серебра



б) гидроксидом меди (II)

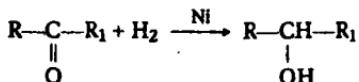


11-5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилпропаналя. Укажите условия протекания реакций.

¹ При восстановлении кетонов образуются вторичные спирты:



11-8. Напишите уравнения реакций гидрирования следующих веществ:

- а) 2,2-диметилбутаналя; б) бутанона;
в) 2,3,4-триметилпентаналя; г) 3-метилпентанона-2.
Назовите продукты реакций.

11-9. Восстановлением каких карбонильных соединений можно получить следующие вещества:

- а) пентанол-1; б) пентанол-2;
в) 3,4-диметилгексанол-1; г) 3,4-диметилгексанол-2.

Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

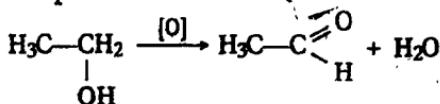
11-10. Напишите уравнения реакций окисления следующих веществ:

- а) 2,2-диметилбутаналя; б) 2,3,4-триметилпентаналя;
в) 3,4-диметилгексаналя.

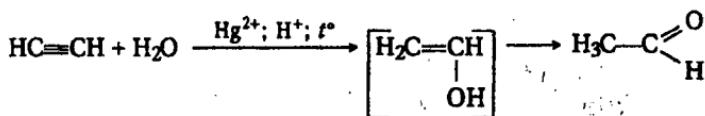
11-11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этаналь.

Решение:

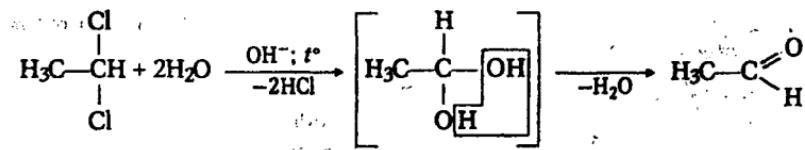
1. Окисление спирта



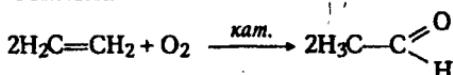
2. Гидратация ацетилена (реакция Кучерова)



3. Гидролиз дигалогенпроизводного алкана



4. Окисление этилена



11-12. Напишите уравнения реакций получения метаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-13. Напишите уравнения реакций получения пропаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-14. Напишите уравнения реакций получения пропанона¹. Укажите условия протекания реакций.

11-15. Напишите уравнения реакций гидратации:

- а) бутина-1; б) 3-метилбутина-1;
в) 4-этилгексина-2.

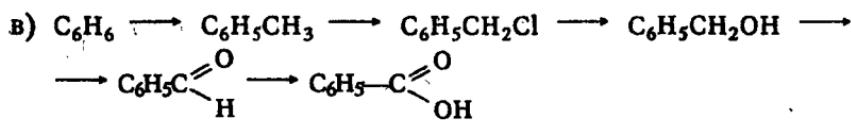
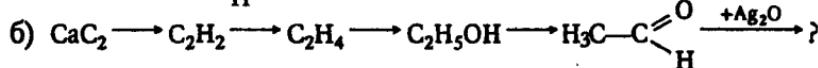
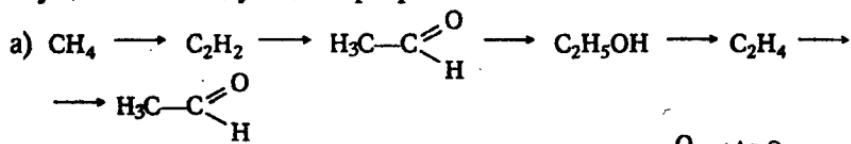
Назовите продукты реакций.

11-16. Гидролизом каких дигалогенпроизводных можно получить следующие вещества:

- а) 2-метилбутаналь;
б) метилбутанон;
в) 2,4,5-триметил-4-этилгексанон-3;
г) 2,4,5-триметил-4-этилгексаналь?

Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

11-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Назовите вещества.



Укажите условия реакций и названия продуктов.

11-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

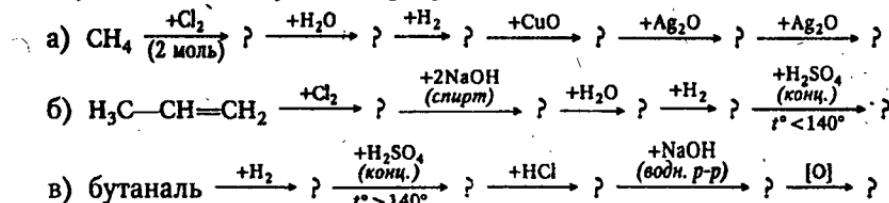
- а) пропан \longrightarrow 2-хлорпропан \longrightarrow пропанол-2 \longrightarrow пропанон \longrightarrow пропанол-2 \longrightarrow пропен \longrightarrow 1-бромпропан \longrightarrow пропанол-1;
б) этаналь \longrightarrow этанол \longrightarrow хлорэтан \longrightarrow этен \longrightarrow этин \longrightarrow 1,1-дихлорэтан \longrightarrow этаналь.

Укажите условия протекания реакций.

¹ Кетоны получают аналогично альдегидам (см. 11-11):

- а) окислением вторичных спиртов;
б) гидратацией гомологов ацетилена;
в) гидролизом дигалогенпроизводных, в которых два атома галогена стоят у одного атома углерода в середине углеродной цепи.

11-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



11-20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- а) пентаналь \longrightarrow пентанон-2;
- б) пропанон \longrightarrow пропаналь;
- в) этанол \longrightarrow бутаналь \longrightarrow этанол;
- г) муравьиный альдегид \longrightarrow бутанон \longrightarrow муравьиный альдегид;
- д) метан \longrightarrow бензальдегид;
- е) неорганические вещества \longrightarrow пропаналь;
- ж) пропаналь \longrightarrow 2,4,6-тринитрофенол;
- з) бутанон \longrightarrow тетраметилбутан.

11-21. Относительная плотность паров предельного альдегида по воздуху равна 2. Выведите молекулярную формулу альдегида.

11-22. Относительная плотность паров предельного альдегида по азоту равна 3,07. Выведите молекулярную формулу альдегида.

11-23. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 2,25. Массовая доля углерода в этом веществе равна 66,67%, массовая доля водорода равна 11,11%, массовая доля кислорода равна 22,22%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-24. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 50. Массовая доля углерода в этом веществе равна 72%, массовая доля водорода равна 12%, массовая доля кислорода равна 16%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-25. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 43. При сжигании 34,4 г этого вещества образуется 44,8 л углекислого газа (н. у.) и 36 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-26. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 4. При сжигании 38,4 г этого вещества обра-

зуется 105,6 г диоксида углерода и 43,2 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-27. Какую массу ацетона можно получить при окислении 270 г пропанола-2?

11-28. Какой объем метана (н. у.) необходим для получения 37,5 г формальдегида?

11-29. Найдите объем водорода (н. у.), необходимого для гидрирования 330 г этаналя.

11-30. Найдите массу оксида меди (I), образующегося при действии 19,8 г этаналя на 68,6 г гидроксида меди (II).

11-31. Смесь 26,1 г пропаналя и 8,96 л (н. у.) водорода пропустили над платиновым катализатором. Найдите массу полученного спирта.

11-32. На 18 г бутаналя, содержащего 20% примесей, подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра. Найдите массу образовавшегося осадка.

11-33. Какую массу 20%-ного раствора уксусного альдегида можно получить гидратацией 89,6 л ацетилена (н. у.)?

11-34. При гидратации пропина массой 12 г получен ацетон массой 15,66 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

11-35. Какова масса серебра, образующегося при действии избытка аммиачного раствора оксида серебра на 8,8 г этаналя, если доля выхода продукта реакции составляет 85% теоретически возможного?

11-36. При окислении метана получен формальдегид массой 180 г. Найдите объем окисленного метана (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

11-37. Найдите объем этана (н. у.), необходимого для получения 70,4 г уксусного альдегида.

11-38. На 117,6 г гидроксида меди (II) подействовали при нагревании 20%-ным раствором бутаналя массой 252 г. Найдите массу полученного оксида меди (I), если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

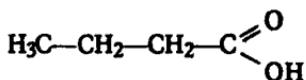
§ 12. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Карбоновыми кислотами называются органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп $\text{—C}(=\text{O})\text{OH}$, соединенных с углеводородным радикалом. По числу карбоксильных групп различают кислоты одноосновные, двухосновные и т. д. По строению углеводородного радикала различают предельные, непредельные и ароматические кислоты.

Номенклатура

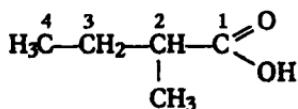
Название кислоты образуется от названия соответствующего углеводорода добавлением *-овая кислота*.

Например:



бутановая кислота

Нумерация атомов углерода начинается с карбоксильной группы.



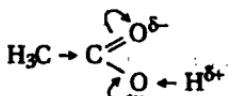
2-метилбутановая кислота

Изомерия

1. Изомерия строения углеродного скелета.
2. Межгрупповая изомерия (например, со сложными эфирами).

Строение

Атом углерода карбоксильной группы находится в состоянии sp^2 -гибридизации и образует три σ -связи и одну π -связь.



Электронная плотность связи $\text{C} = \text{O}$ (особенно π -связи) смешена в сторону атома кислорода, как более электроотрицательного элемента. Атом углерода приобретает частичный положительный заряд.

Неподеленная электронная пара гидроксильного атома кислорода находится в сопряжении с π -связью. Вследствие этого увеличивается полярность связи $O \leftarrow H$. Поэтому кислотные свойства карбоновых кислот гораздо сильнее, чем у фенолов и спиртов.

Упражнения и задачи

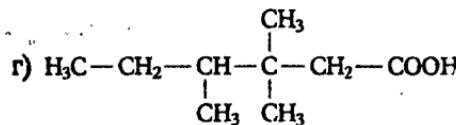
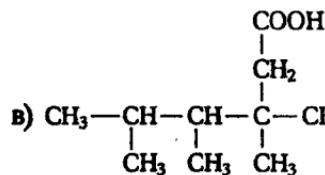
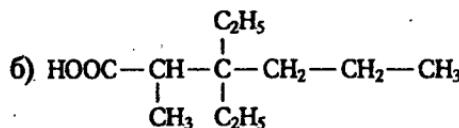
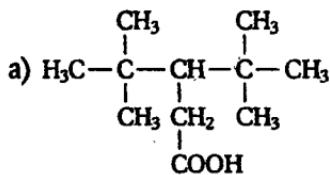
12-1. Напишите графические формулы изомерных карбоновых кислот с молекулярной формулой $C_5H_{10}O_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

12-2. Напишите графические формулы изомерных карбоновых кислот с молекулярной формулой $C_6H_{12}O_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

12-3. Напишите графические формулы следующих карбоновых кислот:

- а) 2,4-диметил-3-этилпентановая кислота;
- б) 4,5,5-триметил-3,3-диэтилгексановая кислота;
- в) 2,3-диметилпентановая кислота;
- г) 4-изопропилгептановая кислота.

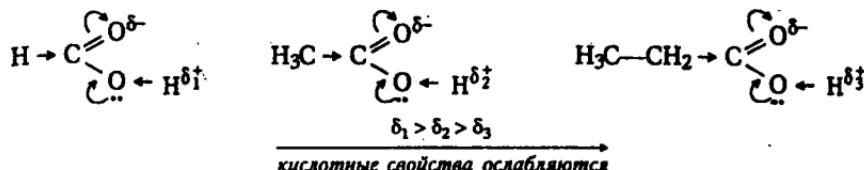
12-4. Назовите следующие вещества по международной номенклатуре:



12-5. Напишите графические формулы карбоновых кислот и сложных эфиров с молекулярной формулой $C_4H_8O_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

12-6. Сравните силу следующих кислот: муравьиной, уксусной, пропионовой.

Решение:



Положительный индуктивный эффект возрастает с увеличением углеводородного радикала, вследствие этого поляризация связи $\text{O} \leftarrow \text{H}$ ослабляется и уменьшаются кислотные свойства.

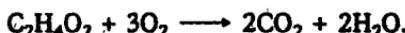
12-7. Сравните силу следующих кислот:

- а) этановая кислота, пропановая кислота, бутановая кислота;
 - б) масляная кислота, изомасляная кислота;
 - в) 2-бромпропановая кислота, 3-бромпропановая кислота;
 - г) 2-хлорпропановая кислота, 2-бромпропановая кислота.

12-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства уксусной кислоты.

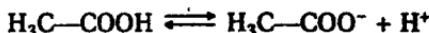
Решение:

1. Горение:



2. Для карбоновых кислот характерны реакции, обусловленные подвижностью атомов водорода в карбоксильной группе (сходство с неорганическими кислотами):

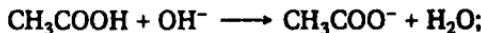
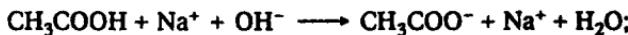
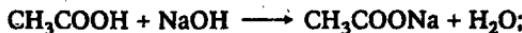
а) диссоциация в растворе (изменение окраски индикаторов)



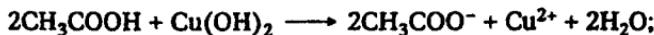
Уксусная кислота слабый электролит ($\alpha \ll 1$).

б) взаимодействие с основаниями:

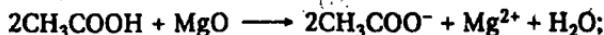
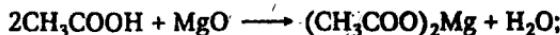
— растворимыми



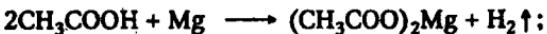
— нерастворимыми



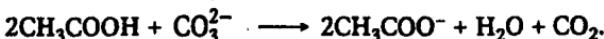
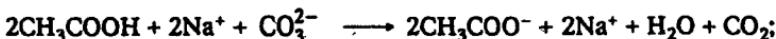
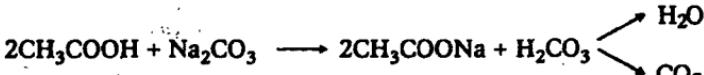
в) взаимодействие с основными оксидами:



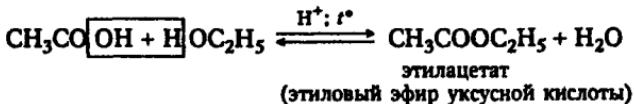
г) взаимодействие с металлами, стоящими в электрохимическом ряду напряжений металлов до H_2 :



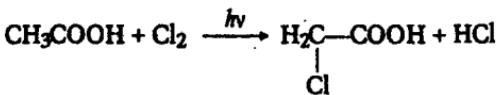
д) взаимодействие с солями более слабых кислот:



3. Взаимодействие со спиртами (реакция этерификации)

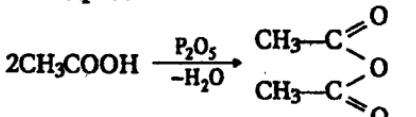


4. Реакция замещения в углеводородном радикале



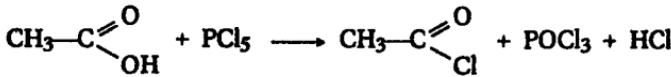
хлоруксусная кислота

5. Образование ангидрида



уксусный ангидрид

6. Образование хлорангидрида



хлорангидрид
уксусной кислоты

12-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) муравьиной кислоты; б) пропановой кислоты.

12-10. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства изомасляной кислоты.

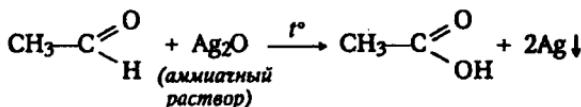
12-11. Сравните взаимодействие с аммиачным раствором оксида серебра муравьиной и уксусной кислоты.

12-12. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бензойной кислоты.

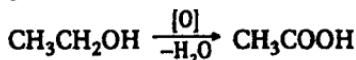
12-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить уксусную кислоту.

Решение:

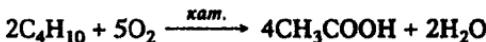
1. Окисление альдегида



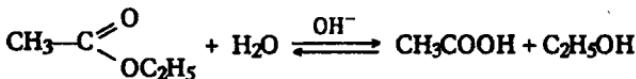
2. Окисление спирта



3. Окисление алкана



4. Гидролиз сложного эфира



12-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) пропановую кислоту; б) изомаслянную кислоту.

12-15. Окислением каких алканов можно получить:

- а) пропановую кислоту;
- б) бутановую кислоту;
- в) метилпропановую кислоту?

Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

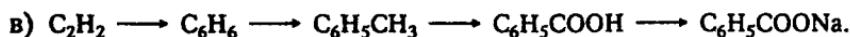
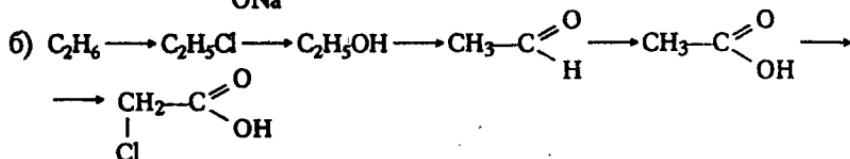
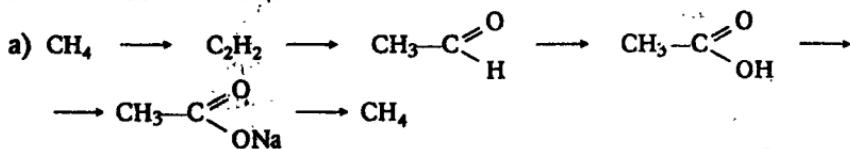
12-16. Окислением каких альдегидов можно получить:

- а) 2-метилбутановую кислоту;
- б) 3,3-диэтилгексановую кислоту;
- в) 2,3,4,4-тетраметилпентановую кислоту?

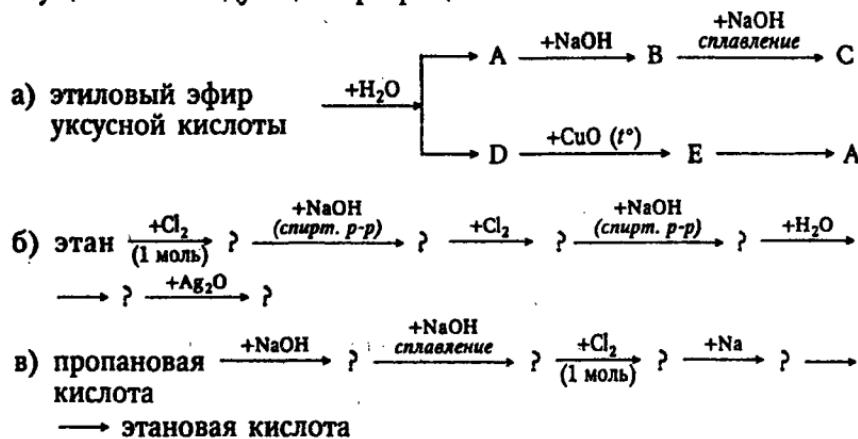
Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

12-17. Сравните физические и химические свойства уксусной кислоты и метилового эфира муравьиной кислоты. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

12-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия их протекания. Назовите вещества.



12-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Назовите продукты реакций.

12-20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- метан \longrightarrow этилацетат;
- циклопропан \longrightarrow ацетат натрия;
- изобутан \longrightarrow пропионовый ангидрид;
- углерод \longrightarrow бензойная кислота;
- неорганические вещества \longrightarrow 2-хлорпропановая кислота;
- пропиловый эфир пропионовой кислоты \longrightarrow метиловый эфир бензойной кислоты;
- бутановая кислота \longrightarrow метиловый эфир пропионовой кислоты.

12-21. Относительная плотность паров предельной одноосновной карбоновой кислоты по воздуху равна 2,552. Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты.

12-22. Относительная плотность паров предельной двухосновной карбоновой кислоты по водороду равна 59. Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты.

12-23. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 51. Массовая доля углерода в этом веществе равна 58,82%, массовая доля водорода равна 9,8%, массовая доля кислорода равна 31,38%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

12-24. Относительная молекулярная масса органического соединения равна 284. Массовая доля углерода в этом веществе равна 76,06%, массовая доля водорода равна 12,7%, массовая доля кислорода равна 11,24%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

12-25. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 30. При сжигании 24 г этого соединения образуется 35,2 г диоксида углерода и 14,4 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

12-26. Найдите массу этанола, вступающего в реакцию этерификации с 4,2 г этановой кислоты.

12-27. Найдите массу ацетата натрия, образующегося при действии избытка уксусной кислоты на 1,84 г натрия.

12-28. При окислении бутаналя получена масляная кислота массой 11 г. Найдите массу окисленного альдегида.

12-29. Найдите объем водорода (н. у.), выделяющегося при действии 55,2 г муравьиной кислоты на 16,8 г магния.

12-30. В процессе окислительного крекинга на 81,2 г бутана действовали 84 л кислорода (н. у.). Найдите массу полученной уксусной кислоты.

12-31. Найдите массу метанола, полностью вступающего в реакцию этерификации с 50 г 84%-ного раствора этановой кислоты.

12-32. Для нейтрализации 26,4 г масляной кислоты потребовалось 60 г раствора гидроксида натрия. Найдите массовую долю гидроксида натрия в этом растворе.

12-33. Найдите массу 90%-ного раствора уксусной кислоты, необходимой для получения 11 г этилацетата.

12-34. При окислении 145 г пропаналя получена карбоновая кислота массой 111 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

12-35. Найдите объем (н. у.) оксида углерода (II), полученного при нагревании с концентрированной серной кислотой муравьиной кислоты массой 69 г, если доля выхода продукта реакции составляет 90% теоретически возможного.

12-36. Найдите массу метановой кислоты, необходимой для получения 195,2 г фенилформиата, если доля выхода продукта реакции составляет 80% теоретически возможного.

12-37. Формальдегид, полученный окислением метана, окислили до муравьиной кислоты. Эту кислоту смешали с концентрированной серной кислотой и нагрели. Для сжигания выделившегося газа потребовалось 500 мл кислорода (н. у.). Найдите объем исходного метана (н. у.).

12-38. Найдите массу карбида кальция, необходимую для получения 48 г уксусной кислоты.

12-39. Этанол, полученный при гидролизе 44 г этилацетата, подвергли внутримолекулярной дегидратации и получили 3,584 л этена (н. у.). Доли выхода продуктов описанных реакций относятся как 1 : 2. Найдите доли выхода продуктов этих реакций.

12-40. К 180 г метилацетата, содержащего 10% примесей, добавили 400 г 20%-ного раствора гидроксида натрия и нагрели. Найдите массу полученного метанола, если доля выхода продукта реакции составляет 90% теоретически возможного.

12-41. На некоторое количество формальдегида подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра. Масса полученного при этом серебра в 2 раза больше, чем при такой же реакции уксусного альдегида массой 11 г. Найдите массу использованного формальдегида.

§ 13. ОБОБЩЕНИЕ СВЕДЕНИЙ О КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЯХ

13-1. Какие из перечисленных ниже веществ являются изомерами?

Пентанол-3; бутандиол-1,2; 2-метилбутаналь; изопропилформиат; 2-метилбутанол-2; пентанон-2; метилпропановая кислота; диметилпропанол; метилбутанон; 2-метилпропандиол-1,3; изопропилацетат.

13-2. Какие из перечисленных ниже веществ являются гомологами?

Этанол; 3-метилбутаналь; этандиол; пропановая кислота; 2-метилпропанол-2; пропанон; пропандиол-1,3; 3-метилбутановая кислота; 2-метилгексанол-2; пентандиол-1,3; пентановая кислота; бутанол-1; 3-метилгексаналь; гександиол-1,2; 3-метилгептановая кислота.

13-3. При внутримолекулярной дегидратации спирта состава $C_7H_{16}O$ образуется смесь трех изомерных алkenов. Назовите спирт и получающиеся из него алкены. Напишите уравнение описанной реакции.

13-4. При внутримолекулярной дегидратации спирта состава $C_7H_{16}O$ образуется единственный алкен. Дегидрирование этого спирта по функциональной группе невозможно. Назовите спирт и получающийся из него алкен. Напишите уравнение описанной реакции.

13-5. Органическое вещество состава $C_5H_{10}O$ вступает в реакцию серебряного зеркала. При хлорировании этого вещества образуется единственныйmonoхлорид. Назовите органическое вещество; напишите уравнения описанных реакций.

13-6. Каждое из изомерных ароматических веществ А, Б и В состава $C_6H_6O_2$ образует при реакции со щелочью кислые и средние соли. Вещество А образует при нитровании одно мононитропроизводное, вещество Б — два, а вещество В — три мононитропроизводных. Назовите эти вещества; напишите уравнения описанных реакций.

13-7. Определите вид изомерии бутанола-1 и бутанола-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-8. Определите вид изомерии 2-метилпропанола-1 и 2-метилпропанола-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-9. Определите вид изомерии бутанола-2 и 2-метилпропанола-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-10. Определите вид изомерии бутандиола-1,2 и бутандиола-1,4. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-11. Определите вид изомерии бутанола-1 и диэтилового эфира. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-12. Определите вид изомерии пентаналя и пентанона-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-13. Определите вид изомерии 2-хлорбутановой кислоты и 3-хлорбутановой кислоты. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-14. Определите вид изомерии бутановой кислоты и этилацетата. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-15. Определите вид изомерии бутановой кислоты и бутендиола. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-16. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с водородом?

Этанол; бутантриол-1,2,3; фенол; бутаналь; пропанон; этановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-17. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с натрием?

Пропанол-2; бутандиол-1,2; ортонитрофенол; пропаналь; бутанон; метановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-18. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с гидридом натрия?

Бутанол-1; глицерин; 2,4,6-тринитрофенол; метилпропаналь; пентанон-2; метилпропановая кислота; ацетат натрия.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-19. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с метанолом?

Этанол; этиленгликоль; фенол; пентаналь; пентанон-3; пропановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-20. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с уксусной кислотой?

Пентанол-2; глицерин; парабромфенол; 2,2-диметилбутаналь; метилбутанон; бутановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

Часть III

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

§ 14. АМИНЫ. АНИЛИН

Аминами называются производные аммиака, в котором один, два или три атома водорода замещены углеводородными радикалами.

По числу радикалов различают первичные, вторичные и третичные амины. Например:



первичный амин



вторичный амин



третичный амин

По углеводородным радикалам различают предельные, непредельные и ароматические амины. Например:



предельный амин

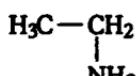


непредельный амин

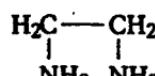


ароматический амин

По числу аминогрупп — **моно-, ди- и полiamины**. Например:



моноамин



диамин

Номенклатура

1. По названиям радикалов

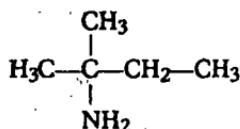


метилэтиламин



фениламин (анилин)

2. Заместительная — от названия углеводорода, соответствующего главной цепи



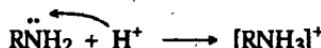
2-амино-2-метилбутан

Изомерия

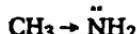
1. Изомерия строения углеродного скелета.
2. Изомерия положения аминогруппы.
3. Межгрупповая (первичные, вторичные, третичные амины).

Строение

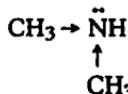
Атом азота аминогруппы имеет неподеленную электронную пару, благодаря которой возможно образование связи по донорно-акцепторному механизму. Таким образом возможно присоединение протона по схеме:



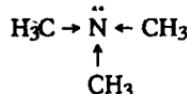
Амины проявляют основные свойства. По сравнению с аммиаком все алифатические амины являются более сильными основаниями. При этом вторичные амины более сильные основания, чем первичные. Это объясняется электронодонорным эффектом углеводородных радикалов. Можно было бы ожидать, что третичные амины будут самыми сильными основаниями, однако этого не наблюдается, так как наряду с электронными факторами влияют еще и *стеригеские* (пространственные), которые у третичных аминов выражены сильнее.



метиламин

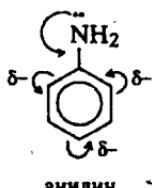


диметиламин



тритилемин

В ряду ароматических аминов основность резко уменьшается



Неподеленная электронная пара атома азота вступает в сопряжение с π -системой, и на атоме азота электронная плотность уменьшается, следовательно, основные свойства ослабляются. В бензольном ядре под влиянием аминогруппы увеличивается подвижность атомов водорода в положении 2,4,6.

Упражнения и задачи

14-1. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой $C_4H_{11}N$. Назовите эти вещества.

14-2. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой $C_5H_{13}N$. Назовите эти вещества.

14-3. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой C_3H_7N . Назовите эти вещества.

14-4. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой C_4H_9N . Назовите эти вещества.

14-5. Напишите графические формулы следующих веществ:

- а) 2-амино-2-метилбутан;
- б) 1-амино-3-изопропил-2,3-диметилгексан;
- в) *втор*-бутилдиметиламин;
- г) *трет*-бутилдиметиламин.

14-6. Напишите графические формулы всех изомерных аминов с общей молекулярной формулой C_7H_9N , если их молекулы содержат бензольное ядро. Назовите эти вещества.

14-7. Напишите графические формулы всех изомерных аминов с общей молекулярной формулой $C_8H_{11}N$, если их молекулы содержат бензольное ядро. Назовите эти вещества.

14-8. Сравните основные свойства следующих веществ:

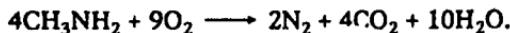
- а) метиламин, аммиак, анилин;
- б) фениламин, дифениламин, аммиак;
- в) аммиак, метилпропиламин, изопропилметиламин;
- г) аммиак, анилин, 2,4,6-тринитроанилин.

Ответ мотивируйте.

14-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метиламина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

Решение:

1. Горение.



2. Взаимодействие с водой



3. Взаимодействие с кислотами



хлорид метиламмония

4. Взаимодействие с азотистой кислотой



14-10. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этиламина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

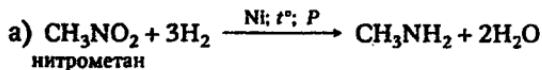
14-11. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства изопропиламина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

14-12. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метаметиланилина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

14-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить метиламин.

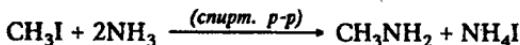
Решение:

1. Восстановление нитроалкана:

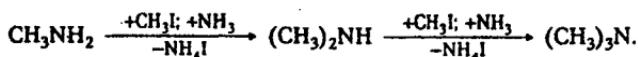


Для получения атомарного водорода используют металлы (Fe, Zn, Sn) и кислоту.

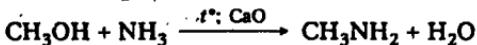
2. Аминирование галогеналкана¹



¹ Происходит и дальнейшее алкилирование метиламина с образованием диметиламина и триметиламина:



3. Аминирование спирта



14-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этиламин.

14-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить изопропиламин.

14-16. Восстановлением каких нитросоединений можно получить:

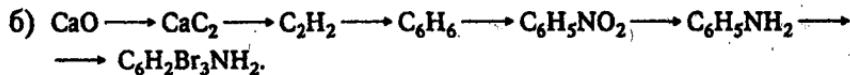
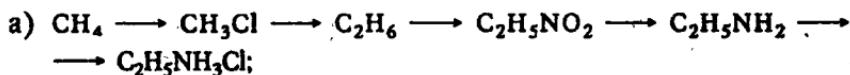
- а) трет-бутиламин;
- б) фениламин;
- в) параметиланилин.

14-17. Из каких бромпроизводных можно получить:

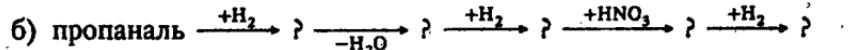
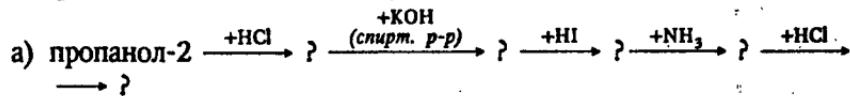
- а) изопропиламин;
- б) анилин;
- в) ортоэтиланилин.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

14-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, назовите вещества.



14-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.



14-20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

- а) Неорганические вещества \longrightarrow хлорид фениламмония;
- б) метан \longrightarrow триэтиламин;
- в) углерод \longrightarrow метаметиланилин;
- г) 1,1-диметилциклогексан \longrightarrow бромид пропиламмония;
- д) этилацетат \longrightarrow 2,4,6-триброманилин.

14-21. Относительная плотность паров предельного амина по воздуху равна 2,034. Выведите молекулярную формулу амина.

14-22. Относительная плотность паров ароматического амина по азоту равна 3,82. Выведите молекулярную формулу амина.

14-23. Массовая доля углерода в диамине равна 48,65%, массовая доля водорода равна 13,51%. Выведите молекулярную формулу диамина.

14-24. Массовая доля углерода в моноамине равна 63,16, массовая доля водорода равна 12,28%. Выведите молекулярную формулу амина.

14-25. Относительная плотность паров органического соединения по воздуху равна 3. При сгорании 8,7 г этого вещества образуется 11,2 л углекислого газа, 1,12 л азота (н. у.) и 11,7 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

14-26. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 21,5. При сгорании 8,6 г этого вещества образуется 17,6 г диоксида углерода, 9 г воды и 2,24 л азота (н. у.). Выведите молекулярную формулу органического вещества.

14-27. Какой объем азота (н. у.) образуется при сгорании 43,4 г метиламина?

14-28. Найдите массу нитробензола, необходимого для получения 55,8 г анилина.

14-29. Через раствор, содержащий 9 г этиламина, пропустили 5,6 л хлороводорода (н. у.). Найдите массу образовавшейся соли.

14-30. Найдите массу 2,4,6-триброманилина, полученного при действии 48 г брома на 15 г анилина.

14-31. Найдите массу анилина, полученного восстановлением 40 г нитробензола, содержащего 7,75% примесей.

14-32. Найдите массу 36,5% раствора соляной кислоты, реагирующей без остатка с 200 г анилина, содержащего 7% примесей.

14-33. При восстановлении 73,8 г нитробензола получен анилин массой 44,64 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

14-34. Найдите массу 2,4,6-триброманилина, полученного при действии избытка брома на 18,6 г анилина, если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

14-35. Найдите массу бромметана, необходимого для получения 49,6 г метиламина, если доля выхода продукта реакции составляет 80% теоретически возможного.

14-36. Найдите массу бензола, необходимого для получения 139,5 г анилина.

14-37. Какой объем бромоводорода может вступить в реакцию с метиламином, синтезированным из 5 л метана (н. у.)?

14-38. На 17,7 г изопропиламина подействовали 324 г 10%-ного раствора бромоводородной кислоты. Найдите массу полученной соли, если доля выхода продукта реакции составляет 90% теоретически возможного.

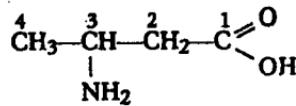
§ 15. АМИНОКИСЛОТЫ

Аминокислоты — органические вещества, в молекулах которых содержатся карбоксильные $(-\text{C}(\text{O})\text{OH})$ и амино- ($-\text{NH}_2$) группы.

Номенклатура

Положение аминогруппы указывается цифрой, нумерация главной углеродной цепи начинается с карбоксильной группы.

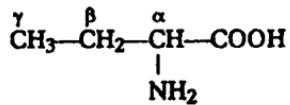
Например:



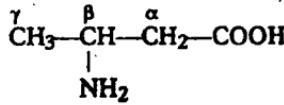
3-аминобутановая кислота

Положение аминогруппы может указываться буквой греческого алфавита (α ; β ; γ ; δ ; ϵ и т. д.).

Например:



α -аминомасляная кислота



β -аминомасляная кислота

Для α -аминокислот, участвующих в построении молекул белков, принято использовать тривиальные названия (см. Приложение).

Изомерия

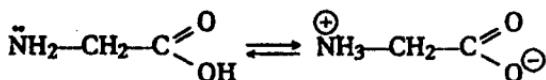
1. Изомерия строения углеродного скелета.
2. Изомерия взаимного расположения амино- и карбоксильной группы.
3. Межгрупповая изомерия (например, с нитроалканами).

Строение

Атом азота аминогруппы имеет неподеленную электронную пару (см. § 13), чем и обусловлены основные свойства аминокислот. Карбоксильная группа обуславливает кислотные свойства (см. § 12).

Таким образом, аминокислоты являются амфотерными органическими соединениями.

В растворе аминокислоты образуется биполярный ион или внутренняя соль.



Диаминокарбоновые кислоты в растворе имеют щелочную реакцию среды, а аминодикарбоновые кислоты — кислую.

В молекулах аминокислот существует взаимное влияние функциональных групп.

Аминогруппа обладает отрицательным индуктивным эффектом и повышает полярность связи $\text{O} \leftarrow \text{H}$ в карбоксильной группе и, следовательно, усиливает кислотные свойства.

Карбоксильная группа также обладает отрицательным индуктивным эффектом и понижает электронную плотность на атоме азота, затрудняя присоединение протона, и, следовательно, ослабляет основные свойства.

С удалением функциональных групп друг от друга взаимное влияние ослабляется.

Упражнения и задачи

15-1. Напишите графические формулы изомерных аминокислот с молекулярной формулой $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$. Назовите эти вещества.

15-2. Напишите графические формулы изомерных аминокислот с молекулярной формулой $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$. Назовите эти вещества.

15-3. Напишите графические формулы изомерных предельныхmonoаминокарбоновых кислот с пятью атомами углерода в молекуле. Назовите эти вещества.

15-4. У какой из аминокислот — α -аминопропионовой или β -аминопропионовой — кислотные свойства выражены больше. Ответ мотивируйте.

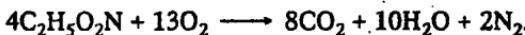
15-5. У какой из аминокислот — α -аминопропионовой или β -аминопропионовой — основные свойства выражены больше. Ответ мотивируйте.

15-6. Сравните основные и кислотные свойства α , β и γ -аминомасляных кислот. Ответ мотивируйте.

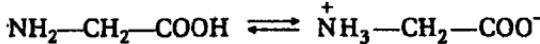
15-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства α -аминоуксусной кислоты.

Решение:

1. Горение

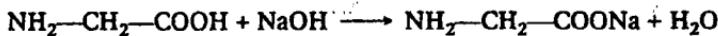


2. Диссоциация в растворе (образование биполярного иона)

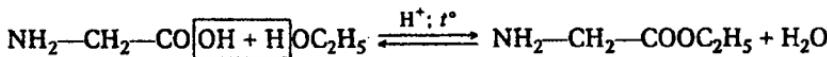


3. Реакции с участием карбоксильной группы:

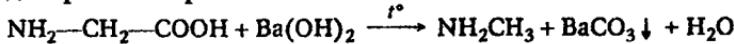
а) взаимодействие со щелочью



б) образование сложных эфиров (реакция этерификации)

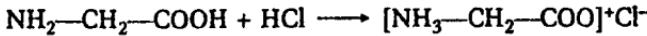


в) декарбоксилирование

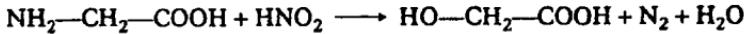


4. Реакции с участием аминогруппы:

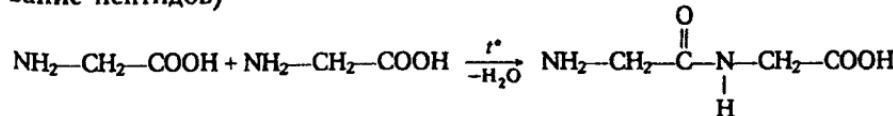
а) взаимодействие с кислотами



б) взаимодействие с азотистой кислотой



5. Реакции с участием карбоксильной и аминогруппы (образование пептидов)



15-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) α -аминопропионовой кислоты; б) β -аминопропионовой кислоты.

15-9. Какую окраску будет иметь фиолетовый лакмус в растворе следующих аминокислот:

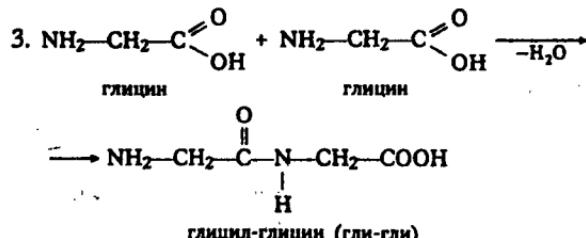
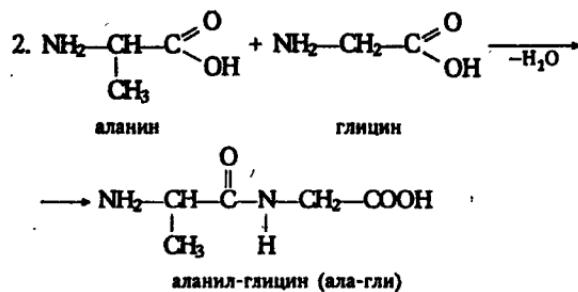
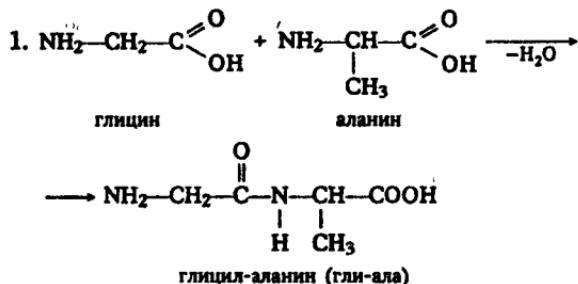
- а) α -аминопропионовая (аланин);
- б) 2,6-диаминогексановая (лизин);
- в) 2-аминопентандиовая (глутамин).

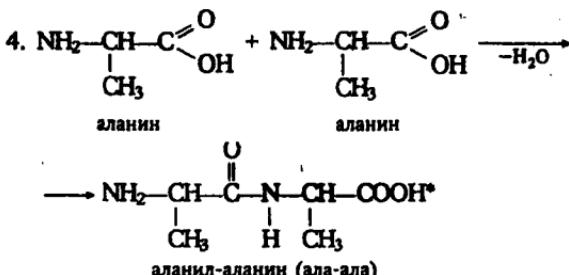
Напишите уравнения реакций взаимодействия этих кислот: а) с соляной кислотой; б) с гидроксидом калия.

15-10. Напишите уравнения реакций образования дипептидов из глицина и аланина.

Решение:

При взаимодействии глицина и аланина возможно образование четырех дипептидов:



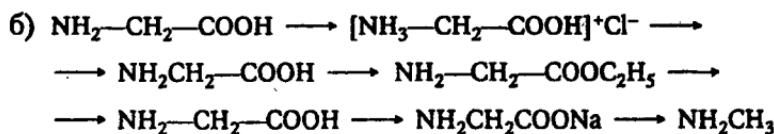
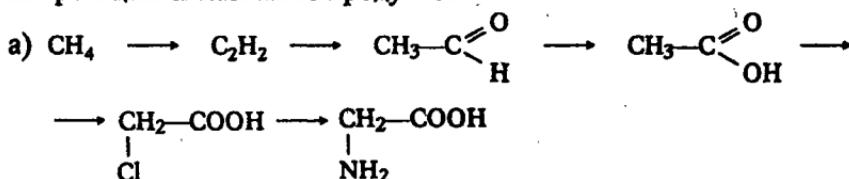


15-11. Составьте схему образования дипептида глицил-фенил-аланина (гли-фен).

15-12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить аминоуксусную кислоту из уксусной.

15-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 2-аминопропановую кислоту из пропановой кислоты.

15-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.



15-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- а) метан \longrightarrow α -аминомасляная кислота;
- б) углерод \longrightarrow α -аминопропионовая кислота;
- в) неорганические вещества \longrightarrow изопропиловый эфир α -амино-пропионовой кислоты;
- г) глюкоза \longrightarrow α -аминомасляная кислота;
- д) цикlobутан \longrightarrow 2-амино-2-метилпропановая кислота;

* Для того чтобы синтезировать только один из перечисленных дипептидов, необходимо предварительно «защитить» аминогруппу и карбоксильную группу, которые не должны участвовать в конденсации (см. Приложения).

- е) этанол \longrightarrow этиловый эфир α -аминомасляной кислоты;
- ж) этандиол \longrightarrow бромид α -аминопропионовой кислоты;
- з) уксусный ангидрид \longrightarrow глицил-глицин.

15-16. Выведите молекулярную формулуmonoаминомонокарбоновой кислоты, массовая доля азота в которой составляет 13,59%.

15-17. Массовая доля кислорода в предельном эфире α -амино-пропионовой кислоты составляет 24,43%.

Напишите возможные графические формулы этого эфира.

15-18. Какой минимальный объем амиака (н. у.) необходим для получения 45 г аминоуксусной кислоты?

15-19. Найдите массу соли, получающейся при пропускании избытка бромоводорода через раствор, содержащий 60 г аминоуксусной кислоты.

15-20. Найдите массу соли, образующейся при действии 50 г гидроксида натрия на 90 г аминоуксусной кислоты.

15-21. Найдите массу 10% раствора гидроксида калия, необходимого для нейтрализации 61,8 г γ -аминомасляной кислоты.

15-22. 15 г аминоуксусной кислоты полностью вступает в реакцию с 64,8 г раствора бромоводородной кислоты.

Найдите массовую долю бромоводорода в этом растворе.

15-23. При аминировании 69,5 г бромуксусной кислоты образовалось 30 г аминоуксусной кислоты.

Найдите долю выхода продукта реакции.

15-24. Какую массу дипептида глицил-глицин можно получить из 15 г аминоуксусной кислоты, если доля выхода продукта реакции составляет 60% теоретически возможного?

Часть IV

ПРИРОДНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

§ 16. ЖИРЫ. УГЛЕВОДЫ. ПЕПТИДЫ

Упражнения и задачи

Жиры

16-1. Напишите схемы образования триглицеридов:

- а) стеариновой кислоты;
- б) пальмитиновой кислоты;
- в) олеиновой кислоты.

Температура плавления какого из данных жиров будет наименьшей?

16-2. Напишите формулы всех изомерных триглицеридов, содержащих:

- а) остаток стеариновой и два остатка пальмитиновой кислот;
- б) остаток олеиновой и два остатка линолевой кислот;
- в) по одному остатку стеариновой, пальмитиновой и олеиновой кислот.

Какой из данных жиров обладает наибольшей температурой плавления?

16-3. Напишите уравнение реакции гидролиза триглицерида стеариновой кислоты (тристеарина).

16-4. Напишите уравнение реакции гидролиза диглицерида пальмитиновой кислоты (дипальмитина).

16-5. Напишите уравнения реакции омыления триглицерида пальмитиновой кислоты.

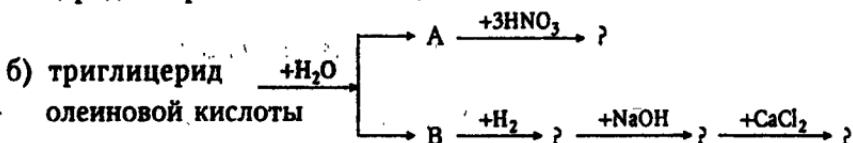
16-6. Напишите уравнения реакции омыления диглицерида линолевой кислоты.

16-7. Напишите уравнения реакции гидрирования триглицерида олеиновой кислоты.

16-8. Напишите уравнения реакции гидрирования триглицерида, содержащего остаток стеариновой кислоты и два остатка линолевой кислоты.

16-9. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) триглицерид стеариновой кислоты \longrightarrow стеариновая кислота \longrightarrow стеарат натрия \longrightarrow стеариновая кислота \longrightarrow триглицерид стеариновой кислоты;



Углеводы

16-10. Напишите уравнение реакции окисления глюкозы:

- а) гидроксидом меди (II);
- б) аммиачным раствором оксида серебра.

16-11. Напишите уравнение реакции этерификации глюкозы:

- а) с уксусной кислотой;
- б) с пропионовой кислотой.

16-12. Напишите уравнение реакции восстановления глюкозы в шестиатомный спирт (сорбид).

16-13. Напишите уравнение реакции восстановления фруктозы.

16-14. Напишите уравнение реакции гидролиза:

- а) сахарозы;
- б) крахмала;
- в) целлюлозы.

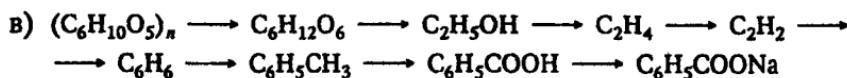
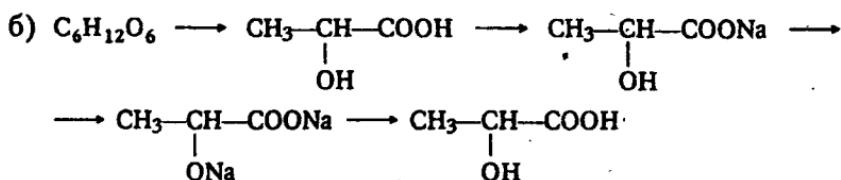
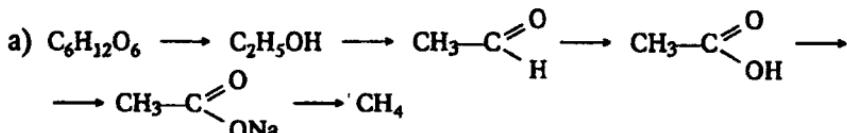
16-15. Напишите уравнение реакции получения:

- а) моноацетилцеллюлозы;
- б) диацетилцеллюлозы;
- в) триацетилцеллюлозы.

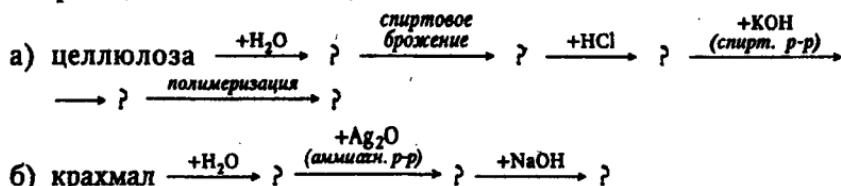
16-16. Напишите уравнение реакции получения:

- а) мононитроцеллюлозы;
- б) динитроцеллюлозы;
- в) тринитроцеллюлозы.

16-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, назовите продукты реакций.



16-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, назовите вещества.



16-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- а) глюкоза \longrightarrow фенилацетат;
- б) глюкоза \longrightarrow формальдегид;
- в) глюкоза \longrightarrow метан;
- г) сахароза \longrightarrow этилацетат;
- д) сахароза \longrightarrow анилин;
- е) сахароза \longrightarrow фенол;
- ж) целлюлоза \longrightarrow поливинилхлорид;
- з) целлюлоза \longrightarrow бутадиеновый каучук;
- и) крахмал \longrightarrow этиловый эфир молочной кислоты;
- к) крахмал \longrightarrow хлоридфениламмония.

Пептиды

16-20. Напишите формулы двух возможных дипептидов, образованных:

- а) из молекулы глицина и молекулы аланина;
- б) из молекулы аланина и молекулы фенилаланина (см. Приложения).

16-21. Напишите уравнения реакций гидролиза дипептидов, формулы которых составили в упражнении 16-20.

16-22. Напишите формулы трех возможных трипептидов, образованных:

- а) из одной молекулы глицина и двух молекул аланина;
- б) из двух молекул глицина и одной молекулы аланина.

16-23. Напишите уравнения реакций гидролиза трипептидов, формулы которых составили в упражнении 16-22.

16-24. Напишите формулу глицил-глицина и уравнения реакций его:

- а) с гидроксидом натрия;
- б) с соляной кислотой;
- в) с этанолом;
- г) с водой;
- д) с глицином.

16-25. Напишите формулу глицилаланина и уравнения реакций его:

- а) с гидроксидом калия;
- б) с бромоводородной кислотой;
- в) с изопропиловым спиртом;
- г) с водой;
- д) с глицином.

16-26. При гидролизе жира образуется предельная карбоновая кислота, массовая доля кислорода в которой равна 12,5%.

Назовите этот жир.

16-27. Найдите объем водорода (н. у.), необходимый для гидрирования триолеина до предельного жира..

16-28. При гидролизе тристеарина получена стеариновая кислота массой 85,2 г.

Найдите массу использованного жира.

16-29. Какую массу глицерина можно получить при действии 3 г воды на 26,7 г тристеарина?

16-30. На триолеин массой 22,1 г подействовали водородом, занимающим при нормальных условиях объем 4,85 л.

Найдите массу полученного продукта.

16-31. Найдите массу глюкозы, полученной при гидролизе 190 г сахарозы, содержащей 10% негидролизующихся примесей.

16-32. При спиртовом брожении глюкозы массой 20 г выделился углекислый газ, занимающий при нормальных условиях объем 4,48 л.

Найдите массовую долю примесей, не подвергающихся брожению, в исходной глюкозе.

16-33. Для гидролиза 34,4 г сахарозы использовали 10 г воды. Найдите массу полученной фруктозы.

16-34. При спиртовом брожении глюкозы массой 72 г выделился углекислый газ, занимающий при нормальных условиях объем 13,44 л.

Найдите долю выхода продукта реакции.

16-35. Найдите массу глюкозы, которую можно получить при гидролизе 243 г крахмала, содержащего 25% негидролизующихся примесей.

16-36. Найдите массу глюкозы, необходимую для получения 184 г этианола, если доля выхода продукта реакции составляет 75% теоретически возможного.

16-37. Глюкозу, полученную при гидролизе крахмала, подвергли спиртовому брожению. Выделившийся при брожении газ пропустили через избыток раствора гидроксида кальция и получили 20 г осадка.

Найдите массу исходного крахмала.

16-38. Какую массу уксусной кислоты можно получить из 216 г целлюлозы, содержащей 40% неуглеводных примесей?

16-39. Этанол, полученный из 36 г глюкозы, нагрели с концентрированной серной кислотой.

Какой объем этилена (н. у.) при этом образуется, если доли выхода продукта в использованных реакциях составляют соответственно 80 и 90% теоретически возможного?

Часть V

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1. При получении монохлорпроизводного из 42 г углеводорода выделился хлорводород, который был растворен в 300 г 10%-ного раствора соляной кислоты, в результате чего массовая доля хлорводорода в растворе выросла до 23,1%.

Определить формулу исходного углеводорода.

2. Смесь метана и бутана при давлении 150 кПа и температуре 100 °C имеет плотность по водороду 23,75. 9,5 г этой смеси сожгли в избытке кислорода и пропустили продукты реакции через избыток раствора гидроксида кальция. Найдите массу выпавшего при этом осадка.

3. Объемные доли этана и бутана в газовой смеси равны соответственно 40 и 60%. Найдите объем кислорода, необходимого для сжигания 117 г такой смеси.

4. При нагревании с натрием эквимолекулярной смеси двух третичных монобромпроизводных образовалась смесь, состоящая из трех алканов. Относительная плотность паров этой смеси по кислороду равна 4.

Назовите эти алканы, считая, что их концентрация в образованной смеси одинакова.

5. При нагревании с натрием смеси вторичного и третичного монобромпроизводных образовалась смесь, состоящая из трех алканов. Относительная плотность паров этой смеси по водороду равна 25.

Назовите эти алканы, считая, что их концентрация в образованной смеси одинакова.

6. Смесь этилена с кислородом массой 12,05 г занимает объем 100 л при температуре 27 °C и давлении 10 кПа. 120 г такой смеси подожгли и пропустили продукты сгорания через избыток раствора гидроксида кальция. Найдите массу выпавшего осадка.

7. Для поглощения углекислого газа, полученного при сжигании смеси метана и метилцикlobутана массой 78 г, достаточно 1 кг рас-

твора гидроксида натрия с массовой долей растворенного вещества 22%. Найдите массовые доли углеводородов в смеси.

8. Смесь метана и пропена подвергли гидрированию. Относительная плотность по водороду смеси продуктов гидрирования равна 15. Найдите массовые доли компонентов в исходной смеси.

9. Смесь этена с пропеном массой 28 г обесцвечивает 2400 г бромной воды с массовой долей брома 5%. Найдите плотность этой смеси по водороду.

10. Объем воздуха, необходимый для сжигания газообразного алкена, в 30 раз больше объема сжигаемого алкена. Назовите все алкены, удовлетворяющие данному условию. (Объемная доля кислорода в воздухе — 20%).

11. К смеси метана с этиленом добавили водород, количества которого втрое превышает количество смеси, и пропустили над катализатором. После окончания реакции смесь привели к первоначальным условиям. Объем полученной газовой смеси оказался на 12,5% меньше, чем объем исходной смеси углеводорода с водородом.

Найдите массовую долю водорода в исходной смеси.

12. Относительная плотность по водороду смеси пропена с водородом равна 5. При пропускании смеси над платиновым катализатором получили газовую смесь, плотность которой при нормальных условиях равна 0,496 г/л.

Найдите долю прогидрированного пропена.

13. 7 г смеси пентана, цикlopентана и пентена-1 обесцвечивают 200 г 2%-ного раствора бромной воды. Такая же порция смеси этих углеводородов может присоединить водород, занимающий объем 1,12 л (н. у.).

Найдите массовые доли углеводородов в смеси.

14. Смесь равных объемов этилена и водорода пропустили над нагретым никелем.

Найдите, какая часть смеси прореагировала, учитывая, что плотность смеси увеличилась в 1,333 раза.

15. Объем кислорода, затраченный на сжигание некоторого алкадиена, равен сумме объемов сгорающего углеводорода и образующегося углекислого газа. Найдите массу 2%-ного водного раствора брома, который обесцветится при пропускании 2 г этого алкадиена.

16. Смесь ацетилена с водородом при температуре 0 °С и давлении 2 атм имеет плотность 0,714 г/л. Эту смесь газов нагрели и пропустили над никелевым катализатором. Найдите объемные доли газов в смеси, получившейся в результате реакции.

17. Смесь ацетилена с пятикратным объемом водорода пропустили над катализатором и 50% ацетилена превратилось в этан.

Найдите плотность образовавшейся равновесной смеси при давлении 10 атм (1 МПа) и температуре 300° (наличием этилена в образовавшейся смеси пренебречь).

18. При действии воды на смесь карбидов алюминия и кальция массой 291,2 г получена смесь газов, плотность которой равна 0,944 г/л ($t^\circ = 20^\circ$; $p = 770$ мм рт. ст.).

Найдите массу вступившей в реакцию воды.

19. Газовую смесь, полученную при действии избытка воды на 40 г смеси карбидов кальция и алюминия сожгли в кислороде. Для поглощения образовавшегося углекислого газа достаточно 400 г 11%-ного раствора гидроксида натрия.

Найдите массовую долю карбида кальция в исходной смеси.

20. Ароматический углеводород образует единственное мононитропроизводное. Для получения этого нитропроизводного потребовалось 10,6 г углеводорода и 10 г 63%-ного раствора азотной кислоты. Найдите массу 40%-ного раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации кислоты, полученной при окислении 5,3 г исходного ароматического углеводорода.

21. Смесь паров бензола с водородом (объемное соотношение 1 : 3) пропустили над нагретым никелем.

Найдите относительную плотность по водороду полученной равновесной смеси, учитывая, что прореагировало 40% бензола.

22. Ароматический углеводород ряда бензола массой 16,2 г окислили раствором перманганата калия в кислой среде. Для поглощения выделившегося газа достаточно 120 г 10%-ного раствора гидроксида натрия.

Предложите возможные структуры этого углеводорода, учитывая, что он образует единственное мононитропроизводное.

23. Из 76,8 г метана получили 33,7 г бензола, причем доли выхода продукта первой реакции в полтора раза меньше, чем доля выхода продукта второй реакции.

Найдите массу ацетилена, полученного в результате первой реакции.

24. При нитровании 63,6 г ароматического углеводорода образуется единственное мононитропроизводное массой 67,95 г.

Назовите этот углеводород, учитывая, что доля выхода продукта при нитровании составляет 75% теоретически возможного.

25. При окислении 53,6 г ароматического углеводорода ряда бензола образуется кислота, для полной нейтрализации которой требуется 200 г 16%-ного раствора гидроксида натрия.

Определите структуру этого углеводорода, учитывая, что при нитровании образуется единственное мононитропроизводное.

26. 0,38 г углеводорода А, массовая доля углерода в котором составляет 94,737%, полностью реагирует с 0,23 г натрия. При полном гидрировании вещества А образуется вещество Б, в котором массовая доля углерода составляет 83,72%. Определите возможные структуры вещества А.

27. Масса кислорода, необходимая для сжигания некоторой порции углеводорода, равна массе образовавшегося углекислого газа.

Найдите массу углекислого газа, образовавшегося при сгорании 43,2 г этого углеводорода.

28. Объем углекислого газа, образовавшегося при сгорании некоторой порции углеводорода, составляет 80% объема затраченного в реакции кислорода.

Назовите этот углеводород, учитывая, что он не обесцвечивает бромную воду.

29. Углеводород А при действии избытка хлороводорода дает смесь трех монохлорпроизводных, а при действии избытка бромоводорода дает смесь трех монобромпроизводных. Масса смеси хлорпроизводных составляет 67,52% массы бромпроизводных, полученных из такого же количества А.

Определите структуру вещества А, учитывая, что оно не обесцвечивает бромную воду.

30. Углеводород массой 1,95 г сожгли в избытке кислорода. При пропускании продуктов сгорания через 200 г 5%-ного раствора гидроксида натрия в растворе образовалась смесь солей массой 14,8 г.

Найдите массовую долю углерода в исходном углеводороде.

31. При дегидратации 23,2 г органического вещества получена смесь трех алkenов общей массой 14,7 г. Доля выхода продуктов дегидратации — 75% теоретически возможного. Напишите уравнение этой реакции. Назовите исходное вещество и продукты реакции.

32. При действии 95 г водного раствора этанола на избыток натрия выделился газ, для сжигания которого требуется 25,2 л кислорода (н. у.). Найдите массы этилена и воды, которые необходимы для получения такого количества раствора этанола.

33. Образец натрия массой 4,6 г опустили в 45,4 г этанола. Найдите массовую долю этилата натрия в полученном спиртовом растворе.

34. Относительная плотность по водороду паров предельного одноатомного спирта на 28 меньше, чем плотность по водороду паров простого эфира, полученного при межмолекулярной дегидратации этого спирта. Определите формулу эфира, если известно, что при внутримолекулярной дегидратации исходного спирта образуется смесь алканов.

35. При нагревании 23 г этилового спирта в присутствии концентрированной серной кислоты образовалась смесь органических продуктов массой 17,6 г. Найдите массу бромной воды с массовой долей брома 4%, которую может обесцветить эта смесь.

36. Натрий массой 9,2 г внесли в водный раствор этилового спирта массой 90 г с массовой долей спирта 96%.

Найдите массовые доли компонентов в полученном растворе.

37. Образец натрия внесли в абсолютный этанол. После окончания реакции был получен 10%-ный спиртовой раствор этилата натрия.

Во сколько раз масса спирта была больше массы натрия.

38. При дегидратации 7,4 г спирта А образуется единственный алкан В. При окислении вещества В раствором перманганата калия в кислой среде получили кислоту, для нейтрализации которой потребовалось 50 г 8%-ного раствора гидроксида натрия.

Назовите вещество А.

39. Раствор фенола в метаноле массой 73,4 г реагирует без остатка с 960 г 5%-ного раствора брома. Найдите объем водорода (н. у.), который выделяется при действии 183,5 г такого раствора фенола в метаноле на избыток натрия.

40. В колбе смешали 4,7 г фенола и 150 г 4%-ного раствора гидроксида натрия. Найдите массу 36,5%-ного раствора соляной кислоты, которая потребуется для реакции с содержимым колбы.

41. Из 20 г технического карбida кальция получили уксусный альдегид. При действии на этот альдегид избытка аммиачного рас-

твора оксида серебра выпадает осадок, для растворения которого требуется 100 г 63%-ного раствора азотной кислоты. Найдите массовую долю инертных примесей в исходном карбиде кальция.

42. На формальдегид, полученный окислением метана, подействовали избытком свежеосажденного гидроксида меди (II) и получили красно-коричневый осадок. При действии на этот осадок избытка разбавленной азотной кислоты выделился 1 л газа (н. у.). Найдите объем исходного метана.

43. Смесь изомерных дигромэтанов массой 28,2 г обработали в соответствующих условиях избытком водного раствора щелочи и получили смесь органических продуктов массой 7,5 г. Найдите объем газа (н. у.), который выделился при действии полученной смеси на избыток натрия.

44. Смесь равных объемов двух газообразных углеводородов разделили на две равные части. Одну часть гидратировали и на полученную смесь продуктов подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра; при этом выпал осадок массой 2,16 г. Вторую половину исходной смеси сожгли в кислороде. Объем затраченного кислорода — 1,232 л (н. у.). Определите, какие углеводороды содержались в смеси. Вычислите их массовые доли.

45. При действии избытка аммиачного раствора оксида серебра на смесь пропанона и пропаналя выделился осадок массой 2,16 г. Такое же количество смеси гидрировали, и смесь продуктов гидрирования подвергли внутримолекулярной дегидратации, в результате которой получили алкен объемом 6,72 л (н. у.). Доля выхода продуктов дегидратации составляет 75% теоретического. Найдите массовую долю пропаналя в исходной смеси.

46. Пропадиен и дивинил общей массой 74 г подвергли полной гидратации, использовав для этого 45 г воды. Какой объем водорода (н. у.) может присоединить смесь продуктов гидратации?

47. На смесь муравьиного и уксусного альдегидов массой 5,2 г подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра. Полученный осадок растворили в концентрированной азотной кислоте, в результате чего образовался газ, занимающий при давлении 1 атм (0,1 МПа) и $t^\circ = 20^\circ\text{C}$ объем 12,02 л.

Найдите массовую долю муравьиного альдегида в исходной смеси.

48. При действии на 23,2 г смеси изомерных альдегида и кетона избытка аммиачного раствора оксида серебра выпал осадок мас-

сой 21,6 г. Для восстановления такой же порции смеси требуется 8,96 л (н. у.) водорода.

Назовите альдегид и кетон и массовые доли их в смеси.

49. При нагревании уксусного ангидрида с 10%-ным водным раствором уксусной кислоты получено 200 г 50%-ного раствора уксусной кислоты. Найдите массы использованных ангидрида и раствора кислоты.

50. Какие массы уксусного ангидрида и воды потребуются, чтобы, смешав их, получить 400 г водного раствора уксусной кислоты с массовой долей растворенного вещества 60%?

51. 51 г уксусного ангидрида добавили к 10%-ному водному раствору уксусной кислоты. После окончания гидролиза ангидрида образовался 20%-ный раствор уксусной кислоты.

Найдите массу 10%-ного раствора гидроксида натрия, необходимого для полной нейтрализации полученного раствора.

52. 480 г 10%-ного водного раствора уксусной кислоты смешали с уксусным ангидридом. К полученному после окончания реакции водному раствору добавили избыток натрия и получили водород, занимающий при нормальных условиях объем 278,88 л.

Найдите массу ангидрида, добавленного в раствор кислоты.

53. При действии смеси этилового спирта и уксусной кислоты на избыток натрия выделилось 8,4 л водорода (н. у.). Такое же количество смеси полностью реагирует с 200 г 5%-ного раствора гидроксида натрия. Найдите массовые доли спирта и кислоты в исходной смеси.

54. Водный раствор смеси этилового спирта с уксусной кислотой массой 284 г разделили на две равные части. При действии на одну из них избытка соды выделилось 11,2 л (н. у.) газа. При действии на вторую часть избытка натрия выделилось 44,8 л газа (н. у.).

Найдите массовые доли спирта и кислоты в этом растворе.

55. Для нейтрализации 38 г смеси муравьиной и уксусной кислот потребовалось 300 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Какой объем газа (н. у.) выделится при действии на такое же количество смеси кислот избытка аммиачного раствора оксида серебра?

56. Для омыления некоторого количества этилацетата требуется 400 г 20%-ного раствора гидроксида натрия. Найдите массу технического карбида кальция, необходимую для получения этого количества этилацетата (массовая доля инертных примесей в техническом карбиде 20%).

57. Из метана, занимающего при давлении 2 атм (0,2 МПа) и температуре 20 °С объем 44,8 л, трехстадийным синтезом получена уксусная кислота. Какую массу 60%-ного раствора можно приготовить из этой кислоты, если доли выхода продуктов на каждой стадии синтеза составляют 90% теоретически возможного?

58. При окислении 2,34 г предельного альдегида избытком аммиачного раствора оксида серебра выпал осадок массой 7,02 г. Найдите массу 10%-ного раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации полученного органического вещества.

59. 14,8 г предельной одноосновной карбоновой кислоты нейтрализовали гидроксидом натрия. Полученную соль прокалили с избытком гидроксида натрия. Для сжигания образовавшегося при этом углеводорода потребовалось 15,68 л кислорода (н. у.). Определите формулу исходной кислоты.

60. Найдите массу алкана, необходимую для получения окисительно-кремингом карбоновой кислоты массой 11 г, если доля выхода кислоты составляет 60% теоретически возможного. Массовая доля кислорода в карбоновой кислоте равна 36,36%.

61. Найдите массу фенилацетата, которую можно получить из 200 г карбида кальция, массовая доля инертных примесей в котором 4%.

62. При сплавлении натриевой соли карбоновой кислоты А с избытком гидроксида натрия образовался газообразный углеводород В, имеющий при нормальных условиях плотность 1,965 г/л. Определите возможные структуры кислоты А. Найдите массу гидроксида натрия, необходимого для получения вещества В из 26,4 г кислоты А.

63. Для нейтрализации смеси муравьиной и уксусной кислот необходио 300 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. При действии на такое же количество смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделилось 11,2 л газа (н. у.). Определите массовые доли кислот в исходной смеси.

64. Натриевую соль предельной одноосновной карбоновой кислоты массой 24 г прокалили с избытком гидроксида натрия. Для сжигания образовавшегося углеводорода необходимо 14,7 л кислорода (н. у.). Определите формулу исходной соли, учитывая, что синтез углеводорода проходит с долей выхода продуктов 75% теоретически возможного.

65. Некоторое количество предельного одноатомного спирта А разделили на две равные части. Для сжигания одной части потребовалось *a* литров кислорода. Вторую окислили в карбоновую кислоту В. К полученной кислоте добавили избыток натрия, и выделился водород, для сжигания которого потребовалось *b* литров кислорода.

Назовите вещества А и В, учитывая, что *a* в 12 раз больше, чем *b*.

66. Смесь предельных одноосновных карбоновых кислот А и В нейтрализовали гидроксидом натрия. Полученную смесь солей сплавили с избытком гидроксида натрия и получили смесь газов с относительной плотностью по водороду равной 20.

Определите, какие кислоты могут входить в состав исходной смеси и какова их массовая доля в этой смеси, учитывая, что в составе кислоты В на два углеродных атома больше, чем в кислоте А.

67. Смесь ацетата натрия с гидроксидом натрия длительное время нагревали. После окончания реакции масса сухого остатка оказалась в 1,1 раза меньше массы исходной смеси.

Какова может быть массовая доля ацетата натрия в исходной смеси.

68. Смесь этанола, уксусной кислоты и метиламина массой 300 г разделили на две равные части. С одной из них реагирует без остатка 10%-ный раствор соляной кислоты массой 730 г. С другой реагирует без остатка 5%-ный раствор гидроксида натрия массой 200 г. Найдите массовую долю этанола в смеси.

69. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие переходы. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

- 1) Неорганические вещества → лавсан;
- 2) неорганические вещества → бензойная кислота;
- 3) карбид кальция → полистирол;
- 4) карбид алюминия → аланин;
- 5) оксид углерода (II) → глицерин;
- 6) оксид углерода (IV) → изопропилбензол;
- 7) карбонат кальция → метилбензоат;
- 8) метан → глицил-аланин;
- 9) пропан → 2-метилбутандиол-2,3;
- 10) этан → 2,4,6-тринитрофенол;
- 11) бутан → аланил-аланин;
- 12) изобутан → поливинилхлорид;
- 13) 2,3-диметилбутан → метилформиат;
- 14) циклопропан → фенолят калия;
- 15) 1,1-диметилциклопропан → тринитроглицерин;

- 16) метилциклогептан —> щавелевая кислота;
 17) 1,2-диметилциклогептан —> бензоат натрия;
 18) этилен —> метилфениламин;
 19) бутен-1 —> дифениламин;
 20) пропен —> 2,4-диаминотолуол;
 21) 2-метилбутен-1 —> изобутилацетат;
 ✓ 22) бутен-2 —> пропионовый ангидрид;
 23) 2,3-диметилбутен-2 —> гексахлоран;
 24) ацетилен —> сульфаниловая кислота;
 25) бутин-2 —> мета-нитробензальдегид;
 ✓ 26) пропин —> метиловый эфир бензойной кислоты;
 27) 1,2-дихлорпропан —> уксусный ангидрид;
 • 28) дивинил —> диметиловый эфир;
 • 29) 1,1-дигромэтан —> пикриновая кислота;
 • 30) 2,3-дихлорбутан —> этиленгликоль;
 31) 1,1-дихлор-2-метилпропан —> ацетон;
 • 32) метанол —> глицерат меди (II);
 33) этанол —> 2-гидроксибутановая кислота;
 34) пропанол-1 —> бромид аминоуксусной кислоты;
 35) 2,2-диметилпропанол-1 —> аланин;
 36) пропанол-2 —> бромид фениламмония;
 37) 2,3-диметилбутанол-2 —> бензоат калия;
 38) циклопентанол-1 —> молочная кислота;
 (39) этиленгликоль —> этиловый эфир муравьиной кислоты;
 40) пропандиол-1,2 —> хлористый ацетил;
 • 41) глицерин —> тетраметилбутан;
 • 42) пропандиол-1,3 —> циклобутан;
 43) бутандиол-1,4 —> хлоропреновый каучук;
 44) пентандиол-2,3 —> диметиловый эфир;
 (45) метаналь —> фенилацетат;
 (46) этаналь —> пара-амиnobензойная кислота;
 47) пропаналь —> полистирол;
 48) метилпропаналь —> изопропилфениламин;
 49) 2,3-диметилбутаналь —> изопреновый каучук;
 50) пропанон —> ацетиленид серебра;
 (51) бутанон —> метилформиат; X
 52) пентанон-2 —> глицин;
 53) уксусная кислота —> 1,3,5- trimетилбензол;
 54) пропионовая кислота —> метоксид натрия;
 55) бутановая кислота —> циклогексанол;
 56) изомасляная кислота —> метилбензоат;
 57) пропеновая кислота —> мета-нитротолуол;

- 58) метилацетат → дивиниловый каучук;
(59) изопропилформиат → этилбензоат;
60) этилацетат → дизопропиловый эфир;
(61) уксусный ангидрид → фенилформиат;
62) хлористый ацетил → этиленоксид;
63) глюкоза → мета-нитротолуол;
64) сахароза → бромид метиламмония;
65) крахмал → бутадиен-стирольный каучук;
66) целлюлоза → изопреновый каучук;
67) крахмал → 1,3-диаминобензол;
68) целлюлоза → 1,2-диаминобензол;
69) метиламин → ацетон;
70) 2-аминобутан → полипропилен;
71) 1-аминопропан → дифениловый эфир;
72) бромид этиламмония → глюкоза;
73) хлорид изопропиламмония → акриловая кислота;
74) 2-аминопропановая кислота → кумол;
75) 3-аминобутановая кислота → ацетат кальция;
76) глицил-аланин → изопропилацетат;
77) аланил-глицин → 2,4,6-трибромфенол.

**Относительные молекулярные массы
некоторых органических веществ**

| Углеводо- родные радикалы | Заместители и функциональные группы | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----------|------------|------------------------|------------------|------------------|--|
| | —H | —Cl | —Br | —I | —OH | —C=O H | —C=O OH | —C=O O ⁻ | —NO ₂ | —NH ₂ | |
| CH ₃ — | 16 | 50,5 | 95 | 142 | 32 | 44 | 60 | 59 | 61 | 31 | |
| C ₂ H ₅ — | 30 | 64,5 | 109 | 156 | 46 | 58 | 74 | 73 | 75 | 45 | |
| C ₃ H ₇ — | 44 | 78,5 | 123 | 170 | 60 | 72 | 88 | 87 | 89 | 59 | |
| C ₄ H ₉ — | 58 | 92,5 | 137 | 184 | 74 | 86 | 102 | 101 | 103 | 73 | |
| C ₅ H ₁₁ — | 72 | 106,5 | 151 | 198 | 88 | 100 | 116 | 115 | 117 | 87 | |
| C ₆ H ₁₃ — | 86 | 120,5 | 165 | 212 | 102 | 114 | 130 | 129 | 131 | 101 | |
| C ₁₅ H ₃₁ — | 212 | 246,5 | 291 | 338 | 228 | 240 | 256 | 255 | 257 | 227 | |
| C ₁₇ H ₃₅ — | 240 | 274,5 | 319 | 366 | 256 | 268 | 284 | 283 | 285 | 255 | |
| CH ₂ =CH— | 28 | 62,5 | 107 | 154 | | 56 | 72 | 71 | 73 | 43 | |
| C ₁₇ H ₃₃ — | 238 | 272,5 | 317 | 364 | 254 | 266 | 282 | 281 | 283 | 253 | |
| C ₆ H ₅ — | 78 | 112,5 | 157 | 204 | 94 | 106 | 122 | 121 | 123 | 93 | |

ОСНОВНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ФОРМУЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ

Масса — m (г; кг; т).

Объем — V (мл; л; м³).

Количество вещества — v (моль).

Молярная масса — M (г/моль) [численно равная относительной атомной или молекулярной массе].

Молярный объем — V_M (л/моль) [при н. у. $V_M = 22,4$ л/моль для любого газа].

Массовая доля — ω .

Объемная доля — ϕ .

Доля выхода продукта реакции — η .

Относительная плотность газа A по газу B — $D_B(A)$.

Плотность — ρ (г/мл; кг/м³)

$$M = \frac{m}{v}; \quad m = Mv; \quad v = \frac{m}{M};$$

$$V_M = \frac{V}{v}; \quad V = V_M v; \quad v = \frac{V}{V_M};$$

$$D_B(A) = \frac{M_r(A)}{M_r(B)}; \quad M_r(A) = D_B(A) M_r(B);$$

$$\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}}; \quad \eta = \frac{V_{\text{практ}}}{V_{\text{теор}}},$$

где $m_{\text{практ}}$ ($V_{\text{практ}}$) — практический выход продукта: масса (объем) вещества, полученного в результате реакции;

$m_{\text{теор}}$ ($V_{\text{теор}}$) — теоретический выход продукта: масса (объем) вещества, которую могли получить согласно уравнению реакции.

РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задачи на вывод молекулярной формулы вещества

1-27. Решение:

Общая формула алканов C_nH_{2n+2} . Так как относительная атомная масса углерода 12, а водорода 1, относительная молекулярная масса алкана:

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2.$$

По относительной плотности газа и молекулярной массе водорода вычисляем относительную молекулярную массу углеводорода:

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = D_{H_2} \cdot (C_nH_{2n+2}) : M_r(H_2)$$

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 50 \cdot 2 = 100.$$

Составляем уравнение:

$$14n + 2 = 100; \quad 14n = 98; \quad n = 7.$$

Ответ: молекулярная формула C_7H_{16} .

1-29. Решение:

I способ.

1. Вывести простейшую формулу:

$$x : y = \frac{83,33}{12} : \frac{16,67}{1} = 6,94 : 16,67 = 5 : 12.$$

Простейшая формула C_5H_{12} .

2. Вычислить относительную молекулярную массу данного углеводорода:

$$M_r(C_xH_y) = D_{H_2} \cdot (C_xH_y) \cdot M_r(H_2); \quad M_r(C_xH_y) = 36 \cdot 2 = 72.$$

3. Определить истинную формулу углеводорода:

$$n = \frac{M_r(C_xH_y)}{M_r(C_5H_{12})} = \frac{72}{12 \cdot 5 + 12} = 1 \Rightarrow C_5H_{12}.$$

Ответ: молекулярная формула C_5H_{12} .

II способ.

1. Вычислить относительную молекулярную формулу углеводорода:

$$M_r(C_xH_y) = D_{H_2} \cdot (C_xH_y) \cdot M_r(H_2); \quad M_r(C_xH_y) = 36 \cdot 2 = 72;$$

$$M(C_xH_y) = 72 \text{ г/моль.}$$

2. Вычислить количество вещества углерода и водорода в моле углеводорода:

$$\left. \begin{aligned} v(C) &= \frac{72 \cdot 0,8333 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль} \\ v(H) &= \frac{72 \cdot 0,1667 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 12 \text{ моль} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_5H_{12}.$$

Ответ: молекулярная формула C_5H_{12} .

1-31. Решение:

I способ.

1. Вычислить относительную молекулярную массу органического соединения:

$$M_r(C_xH_yO_z) = D_{O_2}(C_xH_yO_z) \cdot M_r(O_2);$$

$$M_r(C_xH_yO_z) = 1,372 \cdot 32 = 44; \quad M(C_xH_yO_z) = 44 \text{ г/моль.}$$

2. Вычислить количество вещества органического соединения:

$$v(C_xH_yO_z) = \frac{4,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль.}$$

3. Вычислить количество вещества углерода и водорода:

$$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}; \quad v(C) = v(CO_2) = \frac{13,2 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль.}$$

$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}; \quad v(H) = 2v(H_2O) = 2 \frac{7,2 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,8 \text{ моль.}$$

4. Вычислить массу и количество вещества кислорода в органическом веществе:

$$m(O) = 4,4 - (12 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,8) = 0 \Rightarrow C_xH_y — \text{углеводород.}$$

5. Определить молекулярную формулу углеводорода:

$$v(C_xH_y) : v(C) : v(H) = 0,1 : 0,3 : 0,8 = 1 : 3 : 8 \Rightarrow C_3H_8.$$

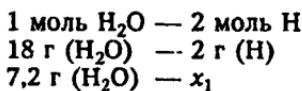
Ответ: молекулярная формула C_3H_8 .

II способ.

1. Вычислить массу углерода и водорода в органическом соединении:

$$\begin{aligned} 1 \text{ моль } CO_2 &— 1 \text{ моль С} \\ 44 \text{ г } (CO_2) &— 12 \text{ г } (C) \\ 13,2 \text{ г } (CO_2) &— x \end{aligned}$$

$$x = \frac{13,2 \cdot 12}{44} = 3,6; \quad m(C) = 3,6 \text{ г.}$$



$$x_1 = \frac{7,2 \cdot 2}{18} = 0,8; \quad m(H) = 0,8 \text{ г.}$$

2. Вычислить массу кислорода в органическом соединении:

$$m(O) = 4,4 - (3,6 + 0,8) = 0 \Rightarrow C_xH_y — \text{углеводород.}$$

3. Вывести простейшую формулу углеводорода:

$$x : y = \frac{3,6}{12} : \frac{0,8}{1} = 0,3 : 0,8 = 3 : 8 \Rightarrow C_3H_8.$$

4. Вычислить относительную молекулярную массу углеводорода:

$$M_r(C_xH_y) = D_{O_2}(C_xH_y) \cdot M_r(O_2);$$

$$M_r(C_xH_y) = 1,372 \cdot 32 = 44.$$

5. Определить истинную формулу углеводорода:

$$n = \frac{M_r(C_xH_y)}{M_r(C_3H_8)} = \frac{44}{12 \cdot 3 + 8} = 1 \Rightarrow C_3H_8.$$

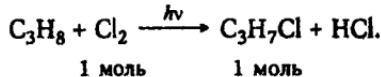
Ответ: молекулярная формула C_3H_8 .

Расчеты по уравнениям химических реакций

1-33. Решение:

I способ.

Составить уравнение реакции между пропаном и хлором:



Определить количество вещества хлорпропана, полученного в результате реакции:

$$M(C_3H_7Cl) = 78,5 \text{ г/моль}; \quad v(C_3H_7Cl) = \frac{15,7 \text{ г}}{78,5 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции $v(Cl_2) = v(C_3H_7Cl)$, следовательно:

$$v(Cl_2) = 0,2 \text{ моль.}$$

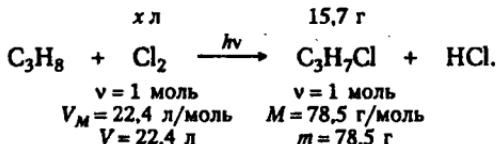
'Вычислить объем хлора:

$$V_M = 22,4 \text{ л/моль}; \\ V(\text{Cl}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,2 \text{ моль} = 4,48 \text{ л.}$$

Ответ: объем хлора равен 4,48 л.

II способ.

Составить уравнение реакций между пропаном и хлором:



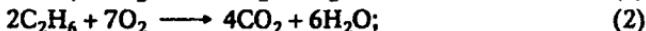
Составить и решить пропорцию:

$$\frac{x}{22,4} = \frac{15,7}{78,5}; \quad x = \frac{22,4 \cdot 15,7}{78,5} = 4,48.$$

Ответ: объем хлора равен 4,48 л.

1-35. Решение:

Составить уравнение реакций горения углеводородов:



По уравнению (1):

$$v(\text{O}_2) = 2v(\text{CH}_4) = 2 \cdot 10 \text{ моль} = 20 \text{ моль.}$$

Определить объем кислорода:

$$V_1(\text{O}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 20 \text{ моль} = 448 \text{ л.}$$

По уравнению (2): определить количество вещества этана, вступившего в реакцию:

$$M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \text{ г/моль}; \quad v(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{10 \text{ г}}{30 \text{ г/моль}} = 0,33 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции:

$$v(\text{O}_2) = \frac{7}{2} \cdot v(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{7 \cdot 0,33}{2} = 1,17 \text{ моль.}$$

Определить объем кислорода:

$$V_2(\text{O}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 1,17 \text{ моль} = 26,13 \text{ л.}$$

По уравнению (3): объемные отношения газов равны отношению коэффициентов в уравнении реакции:

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) : V(\text{O}_2) = 1 : 5; \quad V_3(\text{O}_2) = 10 \cdot 5 = 50 \text{ л.}$$

Объем кислорода, необходимый для сжигания смеси, равен сумме объемов:

$$V(O_2) = V_1 + V_2 + V_3 = 448 + 26,13 + 50 = 524,13 \text{ л.}$$

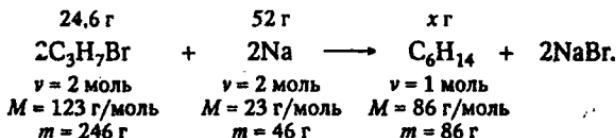
Ответ: объем кислорода равен 524,13 л.

**Решение расчетных задач,
в которых одно из реагирующих веществ
дано в избытке**

1-36. Решение:

I способ.

Составить уравнение реакции Вюрца:



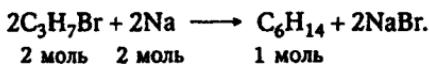
$\frac{24,6}{246} < \frac{52}{46} \Rightarrow \text{Na в избытке, расчет ведем по 2-бромпропану.}$

Составить и решить пропорцию:

$$\frac{24,6}{246} = \frac{x}{86}; \quad x = \frac{86 \cdot 24,6}{246} = 8,6.$$

Ответ: масса продукта равна 8,6 г.

II способ.



Определить количество вещества 2-бромпропана и натрия, взятых для реакции:

$$M(C_3H_7Br) = 123 \text{ г/моль}; \quad v(C_3H_7Br) = \frac{24,6 \text{ г}}{123 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль};$$

$$M(Na) = 23 \text{ г/моль}; \quad v(Na) = \frac{5,2 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 0,23 \text{ моль.}$$

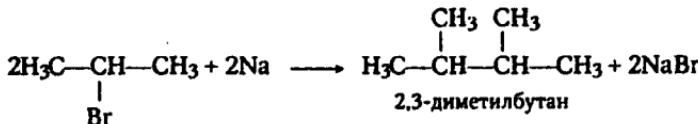
По уравнению реакции $v(C_3H_7Br) = v(Na)$, а по условию $v(C_3H_7Br) < v(Na)$, следовательно, натрий взят в избытке и расчет ведем по 2-бромпропану:

$$v(C_6H_{14}) = 1/2 \cdot v(C_3H_7Br) = 0,1 \text{ моль.}$$

Определить массу продукта реакции:

$$M(C_6H_{14}) = 86 \text{ г/моль}; \quad m(C_6H_{14}) = 86 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ моль} = 8,6 \text{ г.}$$

Определить формулу продукта реакции:



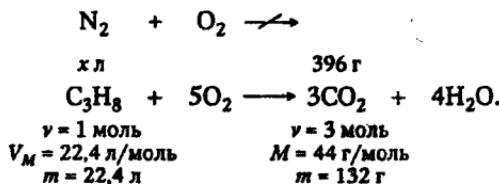
Ответ: масса 2,3-диметилбутана 8,6 г.

Решение расчетных задач на определение состава исходной смеси

1-39. Решение:

I способ.

Из двух газов с кислородом реагирует только пропан. Составим уравнение реакции:



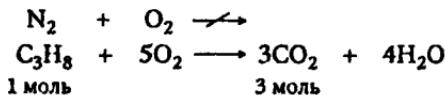
Составить и решить пропорцию:

$$\frac{x}{22,4} = \frac{396}{132}; \quad x = \frac{22,4 \cdot 396}{132} = 67,2.$$
$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 67,2 \text{ л} \Rightarrow V(\text{N}_2) = 80 - 67,2 = 12,8 \text{ л.}$$

Объемная доля азота в смеси

$$\phi(\text{N}_2) = \frac{12,8 \text{ л}}{80 \text{ л}} = 0,16 \text{ (16%).}$$

II способ.



Определить количество вещества углекислого газа, образовавшегося в результате реакции:

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}; \quad v(\text{CO}_2) = \frac{396 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 9 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции: $v(C_3H_8) = 1/3 \cdot v(CO_2)$, следовательно, $v(C_3H_8) = 1/3 \cdot 9$ моль = 3 моль.

Определить объем пропана:

$$V(C_3H_8) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 3 \text{ моль} = 67,2 \text{ л.}$$

Определить объем азота в смеси:

$$V(N_2) = 80 - 67,2 = 12,8 \text{ л}$$

и его объемную долю:

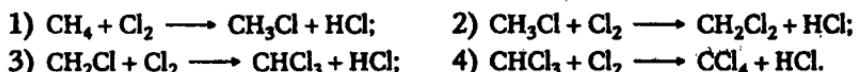
$$\phi(N_2) = \frac{12,8 \text{ л}}{80 \text{ л}} = 0,16 \text{ (16%).}$$

Ответ: объемная доля азота в смеси — 16%.

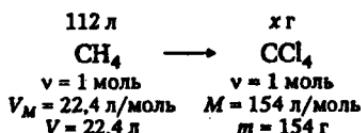
1-40. Решение:

I способ.

Составить уравнения реакций последовательного хлорирования метана:



Составить стехиометрическую схему:



Составить и решить пропорцию:

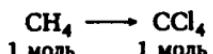
$$\frac{112}{22,4} = \frac{x}{154}; \quad x = \frac{154 \cdot 112}{22,4} = 770.$$

Теоретически могли получить 770 г CCl_4 , а практически получили 500,5 г.

Определить долю выхода продукта реакции:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}(CCl_4)}{m_{\text{теор.}}(CCl_4)}; \quad \eta = \frac{500,5 \text{ г}}{770 \text{ г}} = 0,65 \text{ (65%).}$$

II способ. Составить стехиометрическую схему:



Определить количество вещества метана, взятого для реакции:

$$v(CH_4) = \frac{112 \text{ л}}{44 \text{ л/моль}} = 5 \text{ моль.}$$

По стехиометрической схеме: $v(\text{CCl}_4) = v(\text{CH}_4)$, следовательно, $v(\text{CCl}_4) = 5$ моль.

Определить массу тетрахлорметана, которую могли бы получить по уравнению реакции (теоретически возможный выход продукта): $m_{\text{теор}}(\text{CCl}_4) = 154 \text{ г/моль} \cdot 5 \text{ моль} = 770 \text{ г}$.

Практически получили: $m_{\text{практ}}(\text{CCl}_4) = 500,5 \text{ г}$.

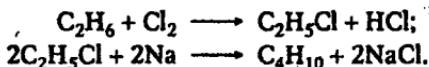
Определить долю выхода продукта реакции:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ}}(\text{CCl}_4)}{m_{\text{теор}}(\text{CCl}_4)}; \quad \eta = \frac{500,5 \text{ г}}{770 \text{ г}} = 0,65 \text{ (65%).}$$

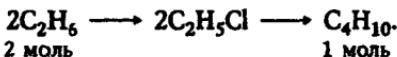
Ответ: доля выхода тетрахлорметана 65% теоретически возможного.

1-45. Решение:

Составить уравнения реакций получения бутана из этана:



Составить стехиометрическую схему:



Доля выхода конечного продукта находится как произведение долей выхода продукта на каждой стадии.

$$\eta_{\Sigma} = \eta_1 \cdot \eta_2; \quad \eta_{\Sigma} = 0,75 \cdot 0,8 = 0,6.$$

По определению $\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}}$, следовательно, можно рассчитать массу бутана, которую теоретически могли бы получить:

$$m_{\text{теор}}(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{11,6 \text{ г}}{0,6} = 19,33 \text{ г.}$$

Дальше можно вести расчет разными способами.

I способ.

Определить количество вещества бутана:

$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58 \text{ г/моль}; \quad v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{19,33 \text{ г}}{58 \text{ г/моль}} = 0,33 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции $v(\text{C}_2\text{H}_6) = 2v(\text{C}_4\text{H}_{10})$, следовательно, $v(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot 0,33 \text{ моль} = 0,66 \text{ моль}$.

Определить объем этана:

$$V = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,66 \text{ моль} = 14,943 \text{ л.}$$

II способ.

| | |
|---|-----------------|
| x л | 19,33 г |
| $2\text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$ | |
| $v = 2$ моль | $v = 1$ моль |
| $V_M = 22,4$ л/моль | $M = 58$ г/моль |
| $V = 44,8$ л | $m = 58$ г |

Составить и решить пропорцию:

$$\frac{x}{22,4} = \frac{19,33}{58}; \quad x = \frac{44,8 \cdot 19,33}{58} = 14,93; \quad V(\text{C}_2\text{H}_6) = 14,93 \text{ л.}$$

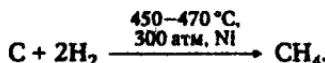
Ответ: объем этана, вступившего в реакцию, равен 14,93 л.

Решение задач по органическому синтезу

Задания по органическому синтезу очень разнообразны. Приведем некоторые реакции, которые могут быть использованы при выборе стратегии органического синтеза.

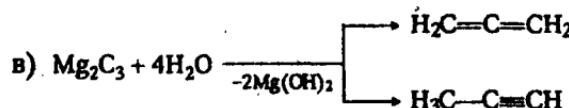
I. Получение органических соединений из неорганических.

1. Синтез метана



2. Гидролиз карбидов металлов:

- a) $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4$;
(так же реагирует Be_2C)
- b) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$;
(так же реагирует SrC_2 ; BaC_2)

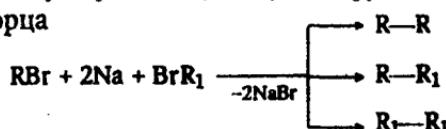


3. Синтезы на основе оксидов углерода:

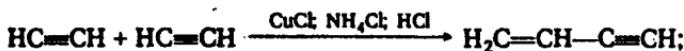
- a) $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \xrightarrow[300 \text{ atm}, \text{Ni}]{400^\circ\text{C}} \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- b) $\text{CO} + 3\text{H}_2 \xrightarrow[300 \text{ atm}, \text{Ni}]{300^\circ\text{C}} \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- в) $\text{CO} + \text{H}_2 \xrightarrow[300-500 \text{ atm}, 370^\circ\text{C}]{180-300^\circ\text{C}; \text{Co(Fe)}} \text{алканы};$
- г) $\text{CO} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{ZnO}} \text{CH}_3\text{OH};$
- д) $\text{CO} + \text{NaOH} \xrightarrow{120^\circ\text{C}; 5 \text{ atm}} \text{HCOONa}.$

II. Наращивание углеродной цепи (конструктивные реакции):

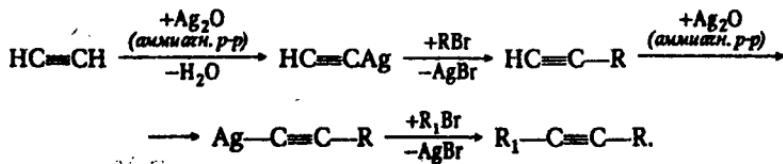
1. Синтез Вюрца



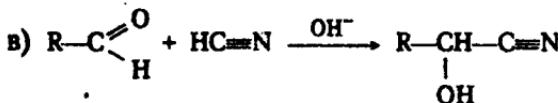
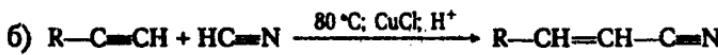
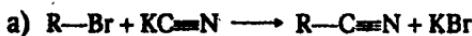
2. Синтезы на основе ацетилена и его производных:
а) димеризация ацетилена



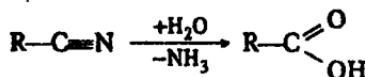
б) алкилирование ацетиленов



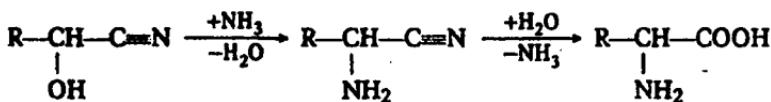
3. Цианирование:



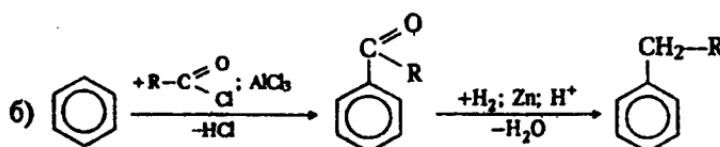
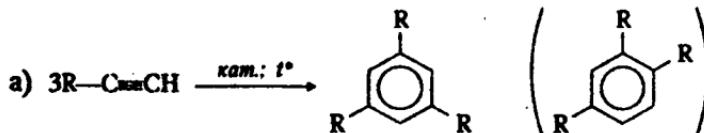
Далее из нитрилов можно получить карбоновые кислоты:



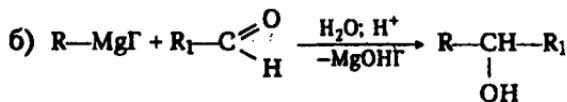
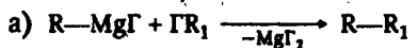
из гидроксинитрилов — α -аминокислоты:



4. Получение ароматических соединений:

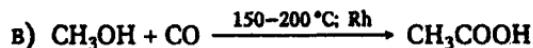
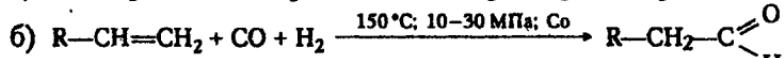
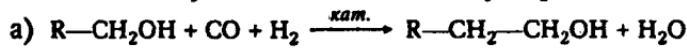


5. Реакции с участием реагента Гриньяра ($\text{R}\Gamma + \text{Mg} \longrightarrow \text{RMg}\Gamma$, где Γ — галоген):

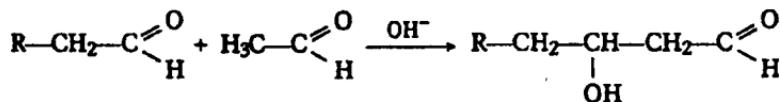


При взаимодействии с кетонами образуются третичные спирты.

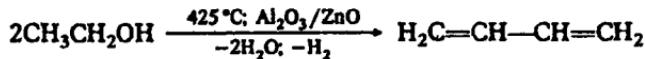
6. Синтезы с участиемmonoоксида углерода:



7. Альдольная конденсация

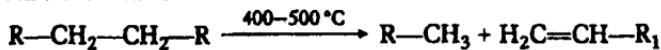


8. Реакция С. В. Лебедева



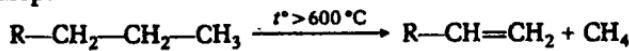
III. Сокращение углеродной цепи (деструктивные реакции).

1. Крекинг алканов

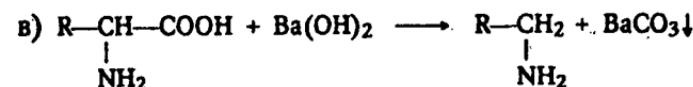
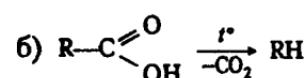
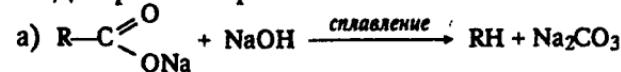


При более высокой температуре увеличивается вероятность разрыва связи ближе к концу молекулы.

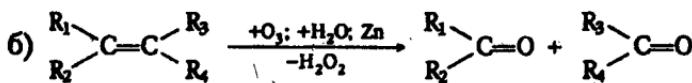
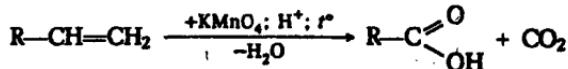
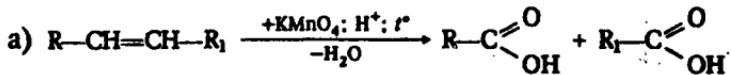
Например:



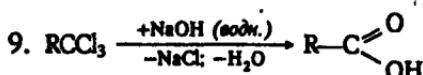
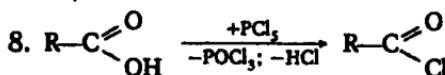
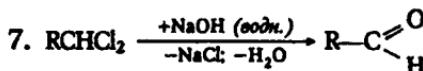
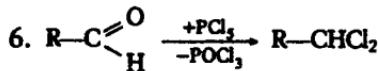
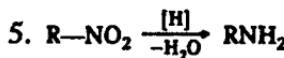
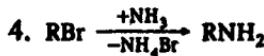
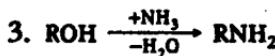
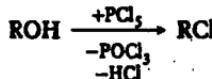
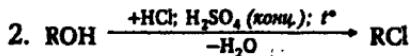
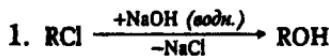
2. Декарбоксилирование:



3. Окисление алkenов:

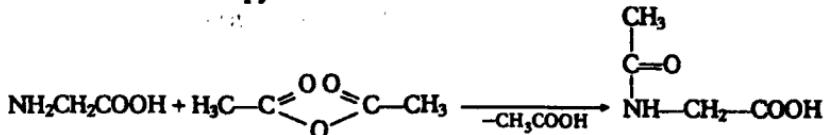


IV. Замена заместителей.

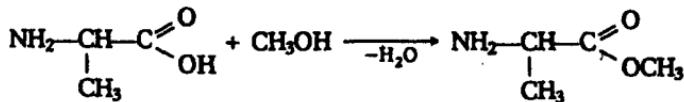


Синтез дипептида глицил-аланина

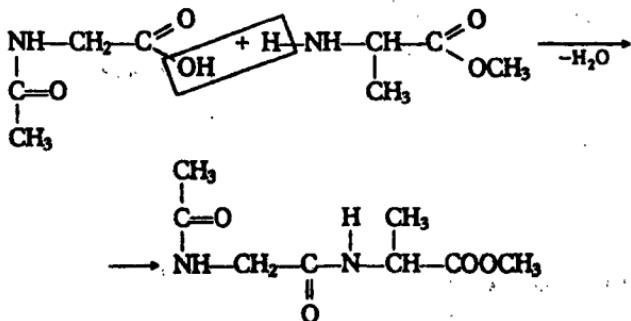
1. Защита аминогруппы глицина



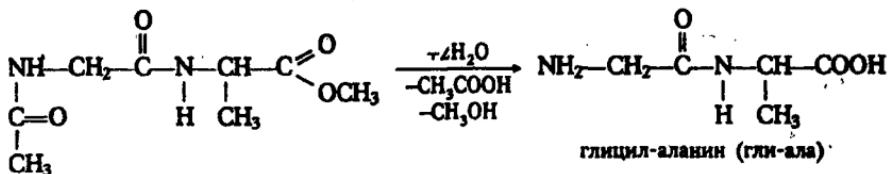
2. Защита карбоксильной группы аланина



3. Образование пептидной связи

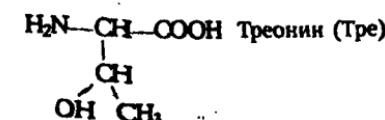
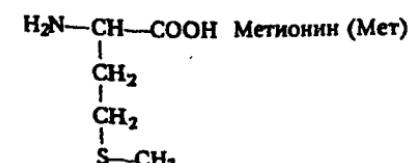
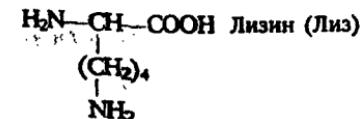
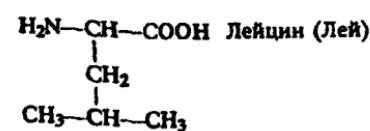
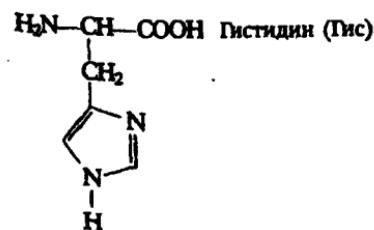
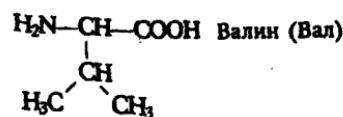
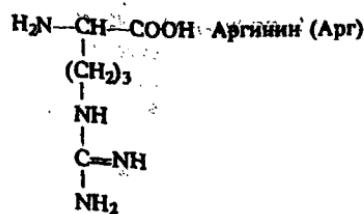


4. Снятие защиты

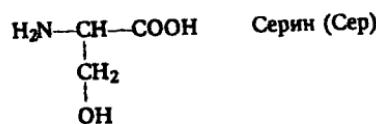
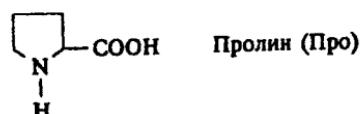
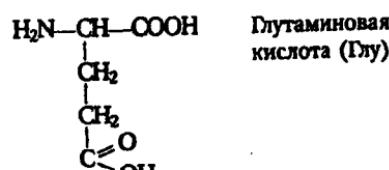
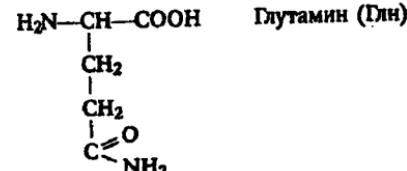
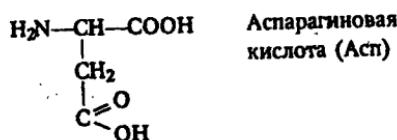
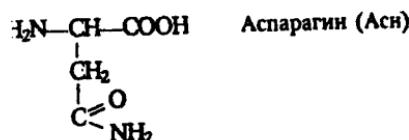
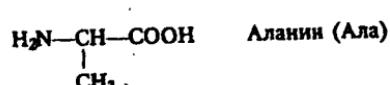


Формулы и названия важнейших α -аминокислот

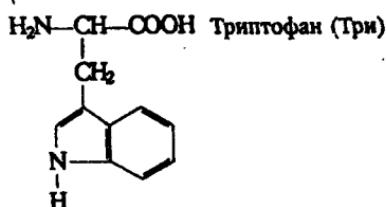
Незаменимые



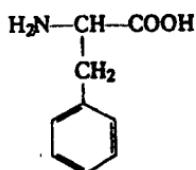
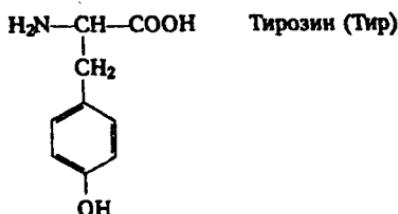
Заменимые



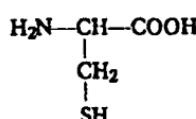
Незаменимые



Заменимые



Фенилаланин
(Фен)



Цистеин (Цис)

ОТВЕТЫ

§ 1

1-27. C_7H_{16} . 1-28. $C_{15}H_{32}$. 1-29. C_5H_{12} . 1-30. C_4H_{10} . 1-31. C_3H_8 . 1-32. $C_{10}H_{22}$.
1-33. 4,48 л. 1-34. 5,4 г. 1-35. 524,13 л. 1-36. 8,6 г 2,3-диметилбутана.
1-37. 4,48 г. 1-38. 126 г. 1-39. 16%. 1-40. 65%. 1-41. 300 г. 1-42. 108,75 г.
1-43. 6 г. 1-44. 201,6 л. 1-45. 14,93 г. 1-46. 80% 1-47. 115,875 г.

§ 2

2-17. $C_{10}H_{20}$. 2-18. C_4H_8 . 2-19. C_6H_{12} . 2-20. C_5H_{10} . 2-21. C_3H_6 . 2-22. C_4H_8 .
2-23. 43,2 г. 2-24. 6,72 л. 2-25. 2,25 л. 2-26. 16,8 г. 2-27. 360 г. 2-28. 800 г.
2-29. 44,8 л. 2-30. 95%. 2-31. 1150 г. 2-32. 1305 г. 2-33. 129 г.
2-34. 15,68 л. 2-35. 73,6 г. 2-36. 16%.

§ 3

3-25. C_5H_{10} . 3-26. C_3H_6 . 3-27. C_7H_{14} . 3-28. C_4H_8 . 3-29. C_6H_{12} . 3-30. $C_{10}H_{20}$.
3-31. 24,3 г. 3-32. 15,68 л. 3-33. 19,2 л. 3-34. 3,06 г. 3-35. 0,7 моль.
3-36. 4%. 3-37. 40 л. 3-38. 75%. 3-39. 222 г. 3-40. 134,4 л. 3-41. 1400 г.
3-42. 5,6 m^3 . 3-43. 80%. 3-44. 20%.

§ 4

4-13. C_4H_6 . 4-14. C_8H_{14} . 4-15. C_3H_4 . 4-16. C_6H_{10} . 4-17. C_5H_8 . 4-18. C_7H_{12} .
4-19. 288 г. 4-20. 26,88 г. 4-21. 250 m^3 . 4-22. 8,145 л. 4-23. 800 г.
4-24. 74,5%. 4-25. 75%. 4-26. 21,6 г. 4-27. 94,44 кг. 4-28. 189 г.
4-29. 150 г. 4-30. 224 л.

§ 5

5-21. C_3H_4 . 5-22. C_5H_8 . 5-23. C_7H_{12} . 5-24. C_8H_{14} . 5-25. C_4H_6 . 5-26. C_6H_{10} .
5-27. 17,6 г. 5-28. 403,2 л. 5-29. 300 мл. 5-30. 23,2 г. 5-31. 52,8 г.
5-32. 808 г. 5-33. 20%. 5-34. 100 л. 5-35. 5,61 г. 5-36. 75%. 5-37. 120 г.
5-38. 1,25 m^3 . 5-39. C_5H_8 . 5-40. 50%.

§ 6

6-20. C₇H₈. 6-21. C₁₀H₁₄. 6-22. C₉H₁₂. 6-23. C₈H₁₀. 6-24. C₆H₆. 6-25. C₈H₁₀. 6-26. 369 г. 6-27. 40,32 л. 6-28. 98,7 г. 6-29. 50,4 г. 6-30. 63%. 6-31. 5%. 6-32. 90%. 6-33. 1164 г. 6-34. 268,8 л. 6-35. 16,4 г. 6-36. 30 г. 6-37. 80%. 6-38. 35,28 г.

§ 8

8-21. C₅H₁₂O. 8-22. C₂H₆O. 8-23. C₄H₁₀O. 8-24. C₈H₁₈O. 8-25. C₆H₁₄O. 8-26. C₇H₁₆O. 8-27. 56 л. 8-28. 8,4 л. 8-29. 43,05 г. 8-30. 1,68 л. 8-31. 41,6 г. 8-32. 13,69 л. 8-33. 10%. 8-34. 2,5 г. 8-35. 90%. 8-36. 220,8 г. 8-37. 219,2 г. 8-38. 5 л. 8-39. 26,88 л. 8-40. 10,4%. 8-41. 50%.

§ 9

9-15. C₄H₁₀O₂. 9-16. C₆H₁₄O₃. 9-17. C₄H₁₀O₃. 9-18. C₆H₁₄O₆. 9-19. C₄H₁₀O₂. 9-20. C₅H₁₂O₄. 9-21. 112 л. 9-22. 1,84 г. 9-23. 230 г. 9-24. 41,6 г. 9-25. 4,48 л. 9-26. 34,5 г. 9-27. 105 г. 9-28. 75%. 9-29. 156,8 л. 9-30. 22,08 г. 9-31. 155 г. 9-32. 9,2 г. 9-33. 68,1 г. 9-34. 153,6 л.

§ 10

10-8. C₇H₈O. 10-9. C₆H₆O₂. 10-10. C₉H₁₂O. 10-11. C₇H₈O₂. 10-12. 56,4 г. 10-13. 39,25 г. 10-14. 91,6 г. 10-15. 34,8 г. 10-16. 14,1 г. 10-17. 2,24 л. 10-18. 180 г. 10-19. 90%. 10-20. 80%. 10-21. 18,8 г. 10-22. 24,36 г. 10-23. 109,2 г. 10-24. 169,2 г. 10-25. 1200 г.

§ 11

11-21. C₃H₆O. 11-22. C₅H₁₀O. 11-23. C₄H₈O. 11-24. C₆H₁₂O. 11-25. C₅H₁₀O. 11-26. C₈H₁₆O. 11-27. 261 г. 11-28. 28 л. 11-29. 168 л. 11-30. 50,4 г. 11-31. 24 г. 11-32. 43,2 г. 11-33. 880 г. 11-34. 90%. 11-35. 36,72 г. 11-36. 179,2 л. 11-37. 35,84 л. 11-38. 64,8 г.

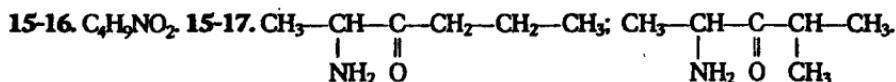
§ 12

12-21. C₃H₆O₂. 12-22. C₄H₆O₄. 12-23. C₅H₁₀O₂. 12-24. C₁₈H₃₆O₂. 12-25. C₂H₄O₂. 12-26. 3,22 г. 12-27. 6,56 г. 12-28. 9 г. 12-29. 13,44 л. 12-30. 168 г. 12-31. 22,4 г. 12-32. 20%. 12-33. 8,33 г. 12-34. 60%. 12-35. 30,24 л. 12-36. 92 г. 12-37. 1 л. 12-38. 51,2 г. 12-39. 40%; 80%. 12-40. 57,6 г. 12-41. 15 г.

§ 14

- 14-21.** C_3H_9N . **14-22.** C_7H_9N . **14-23.** $C_3H_{10}N_2$. **14-24.** C_3H_7N . **14-25.** $C_3H_{13}N$.
14-26. C_2H_5N . **14-27.** 15,68 л. **14-28.** 73,8 г. **14-29.** 16,3 г. **14-30.** 33 г.
14-31. 27,9 г. **14-32.** 200 г. **14-33.** 80%. **14-34.** 49,5 г. **14-35.** 190 г.
14-36. 117 г. **14-37.** 5 л. **14-38.** 37,8 г.

§ 15



- 15-18.** 13,44 л. **15-19.** 124,8 г. **15-20.** 116,4 г. **15-21.** 336 г. **15-22.** 25%.
15-23. 80%. **15-24.** 7,92 г.

§ 16

- 16-26.** Трипальмитин. **16-27.** 13,44 л. **16-28.** 89 г. **16-29.** 2,76 г.
16-30. 22,5 г. **16-31.** 90 г. **16-32.** 10%. **16-33.** 18 г. **16-34.** 75%.
16-35. 162 г. **16-36.** 480 г. **16-37.** 16,2 г. **16-38.** 96 г. **16-39.** 6,45 л.

Задачи и упражнения повышенной сложности

- 1.** C_2H_6 . **2.** 65 г. **3.** 296,8 л. **4.** 2,2,3,3-тетраметилбутан; 2,2,3,3-тетраметилпентан; 3,3,4,4-тетраметилгексан. **5.** 2,3-диметилбутан; 2,2,3-триметилбутан; 2,2,3,3-тетраметилбутан. **6.** 10,25% метана. **7.** 133,33 г. **8.** 27,59% метана. **9.** 18,67 г. **10.** бутен-1; метилпропен; цисбутен-2; трансбутен-2. **11.** 21,43%. **12.** 50%. **13.** 50% пентана; 25% циклопентана; 25% пентена. **14.** 50%. **15.** 800 г. **16.** 50%. **17.** 1,532 г/л. **18.** 244,8 г. **19.** 64%. **20.** 10 г. **21.** 15. **22.** 1,3,5-триэтилбензол; 1,4-диизопропилбензол. **23.** 37,44 г. **24.** параксиол. **25.** диэтилбензол. **26.** $HC=C-NC=CH-C=CH$ (циклические формы). **27.** 140,8 г. **28.** бензол. **29.** метилциклогептан. **30.** 92,3%. **31.** 3-метилгексанол-3; 3-метилгексен-2; 3-метилгексен-3; 2-этилпентен-1. **32.** 14 г; 81 г. **33.** 27,31%. **34.** $CH_3-CH_2-\begin{matrix} | & | \\ CH_3 & CH_3 \end{matrix}-O-\begin{matrix} | & | \\ CH_3 & CH_3 \end{matrix}-CH_2-CH_3$. **35.** 400 г.

- 36.** 8,1% $NaOH$; 13,76% C_2H_5ONa ; 78,14% C_2H_5OH . **37.** в 28,61 раза. **38.** бутанол-1. **39.** 58,8 л. **40.** 15 г. **41.** 20%. **42.** 1,5 л. **43.** 1,12 л. **44.** 48,15% ацетилена; 51,85% этилена. **45.** 25%; 75%. **46.** 11,2 л. **47.** 57,69%. **48.** пропаналь 25%, пропанон 75%. **49.** 74,35 г; 125,65 г. **50.** 204 г; 196 г. **51.** 732 г. **52.** 10,2 г. **53.** 60,53% спирта. **54.** 32,39% C_2H_5OH ; 42,25% CH_3COOH . **55.** 11,2 л. **56.** 320 г. **57.** 135 г. **58.** 13 г. **59.** CH_3CH_2COOH . **60.** 11,875 г. **61.** 102 г. **62.** а) бутановая к-та; 24 г; б) метилпропановая к-та; 24 г; в) пентандиоловая к-та; 32 г; г) метилбутандиоловая к-та; 32 г. **63.** 39,47% уксусной к-ты. **64.** CH_3CH_2COONa . **65.** C_2H_5OH и CH_3COOH . **66.** CH_3COOH — 10,2%; C_3H_7COOH — 89,8% или C_2H_5COOH — 56,6%; C_4H_9COOH — 43,4%. **67.** 77,27% или 53,44%. **68.** 48,67%.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| <i>Предисловие</i> | 3 |
| Часть I. УГЛЕВОДОРОДЫ | 5 |
| § 1. Алканы (парафины) | 5 |
| § 2. Циклоалканы (циклогексаны) | 18 |
| § 3. Алкены | 26 |
| § 4. Алкадиены | 36 |
| § 5. Алкины | 42 |
| § 6. Бензол и его гомологи | 50 |
| § 7. Обобщение сведений об углеводородах | 59 |
| Часть II. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ | 62 |
| § 8. Предельные одноатомные спирты | 62 |
| § 9. Предельные многоатомные спирты | 69 |
| § 10. Фенолы | 73 |
| § 11. Альдегиды и кетоны | 77 |
| § 12. Карбоновые кислоты | 85 |
| § 13. Обобщение сведений о кислородсодержащих соединениях | 92 |
| Часть III. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ... | 95 |
| § 14. Амины. Анилин | 95 |
| § 15. Аминокислоты | 101 |
| Часть IV. ПРИРОДНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ | 107 |
| § 16. Жиры. Углеводы. Пептиды | 107 |
| Часть V. ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ | 112 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 123 |
| Относительные молекулярные массы некоторых органических веществ | 123 |
| Основные величины и формулы, необходимые для решения расчетных задач | 124 |

| | |
|---|------------|
| РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ..... | 125 |
| Задачи на вывод молекулярной формулы вещества | 125 |
| Расчеты по уравнениям химических реакций | 127 |
| Решение расчетных задач, в которых одно из реагирующих веществ дано в избытке | 129 |
| Решение расчетных задач на определение состава исходной смеси..... | 130 |
| Решение задач по органическому синтезу | 133 |
| Синтез дипептида глицил-аланина | 137 |
| Формулы и названия важнейших α -аминокислот | 138 |
| Ответы | 140 |

Учебное издание

**Владимир Борисович Воловик
Елена Дмитриевна Крутецкая**

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УПРАЖНЕНИЯ И ЗАДАЧИ

Пособие для старшеклассников

Главный редактор *Н.Н. Лимарь*
Технический редактор *Д.А. Кардаков*
Корректор *И.А. Колесникова*

Подписано в печать 05.07.2004.
Формат 60x90 $\frac{1}{16}$. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9. Тираж 5000 экз.

Изд-во А. Кардакова. 198035, Санкт-Петербург, а/я 154

Отпечатано с готовых диапозитивов
в художественно-полиграфической мастерской
А. Кардакова 198035, Санкт-Петербург, а/я 154.

