

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. Г. Михалёнок, С. В. Нестерова, Н. М. Кузьменок

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением
по химико-технологическому образованию в качестве
учебно-методического пособия для студентов учреждений
высшего образования по специальности
6-05-0714-04 «Технологические машины и оборудование»*

Минск 2025

УДК 547(075.4)
ББК 24я73
М69

Р е ц е н з е н т ы:
кафедра органической химии
Белорусского государственного университета
(заведующая кафедрой кандидат химических наук, доцент
И. П. Антонец);
ведущий научный сотрудник Института биоорганической химии
НАН Беларуси кандидат химических наук
Ф. С. Пашковский

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Михалёнок, С. Г.

М69 Органическая химия : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 6-05-0714-04 «Технологические машины и оборудование» / С. Г. Михалёнок, С. В. Нестерова, Н. М. Кузьменок. — Минск : БГТУ, 2025. — 75 с.
ISBN 978-985-897-289-9.

Учебно-методическое пособие содержит сведения о номенклатуре органических веществ, химических свойствах и применении основных классов органических соединений и охватывает все формы учебной работы: самостоятельную работу студента, текущий контроль знаний, лабораторный практикум. Последний ориентирован на студентов специальности 6-05-0714-04 «Технологические машины и оборудование» и знакомит их с методами разделения жидких органических веществ и аппаратным оформлением данного процесса.

Издание предназначено для студентов специальности 6-05-0714-04 «Технологические машины и оборудование», а также для студентов других нехимических специальностей.

**УДК 547(075.4)
ББК 24я73**

ISBN 978-985-897-289-9

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2025
© Михалёнок С. Г., Нестерова С. В.,
Кузьменок Н. М., 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебно-методическое пособие подготовлено для студентов специальности 6-05-0714-04 «Технологические машины и оборудование» заочной формы обучения, приступающих к изучению курса органической химии в рамках университетской подготовки, и предназначено для организации их самостоятельной работы, подготовки к лабораторному практикуму и его выполнения.

Органические соединения играют чрезвычайно важную роль в функционировании биосферы, жизнедеятельности растительных и животных организмов, составляют основу многообразных отраслей промышленности. Органическая химия изучает более высокоорганизованную материю, чем неорганическая химия и физика, тесно связана с биохимией и поэтому занимает особое место среди естественнонаучных дисциплин.

Современная органическая химия представляет упорядоченную область знаний с четкой логической структурой, понимание которой служит залогом освоения дисциплины в целом. Различные классы органических веществ рассматриваются с единых позиций теорий строения, химической связи и реакционной способности. При самостоятельной работе студентам заочной формы обучения после усвоения теоретических основ предлагается перейти к изучению свойств различных классов органических соединений, при этом рассматривать их как генетически связанные между собой системы. Это проявляется в электронной природе химической связи и реакционной способности, взаимопревращении веществ и способах их синтеза. Последовательность изучения органических соединений отражается в их классификации. Сначала рассматриваются углеводороды, определяющие углеродный скелет органического соединения и взаимопревращения между которыми позволяют понять генетическую связь органических соединений. Далее в соответствии с общепринятым подходом изучаются функциональные производные углеводородов, химическое поведение которых определяется в значительной мере природой функциональной группы.

Содержательное наполнение каждого раздела при изучении конкретного класса органических соединений опирается на изложение материала в следующей логической последовательности, обеспечивающей наилучшую эффективность процесса обучения:

- 1) принадлежность веществ к данному классу, классификация соединений с определенной функцией;
- 2) номенклатура данного класса веществ;
- 3) типы изомерии, характерные для данного класса;
- 4) промышленные и лабораторные способы синтеза;
- 5) особенности электронного строения и электронные эффекты;
- 6) физические свойства;
- 7) химические свойства;
- 8) важнейшие представители, физиологическое действие, основные области применения.

Приступая к изучению органической химии в рамках университетской подготовки, студентам следует иметь в виду, что одно и то же органическое вещество может быть названо по-разному с использованием тривиальной (исторической) или научных номенклатур. Усвоив принципы научных номенклатур, студент может перейти к изучению химических свойств основных классов органических соединений. Эти свойства представлены в виде наглядных схем, в которых сгруппированы важнейшие химические превращения конкретных классов соединений с указанием реакций и классификацией образующихся продуктов. После каждой схемы приведены основные области использования органических соединений этого класса в различных отраслях хозяйственной деятельности человека.

Далее представлена рабочая программа, в которой указаны основные разделы курса органической химии, при этом важнейшие термины и понятия перечисляются перед каждым разделом. Завершаются темы тестами, включающими контрольные задания по данной теме и позволяющими студентам оценить степень усвоения пройденного материала. Для решения тестового задания требуется выбрать один правильный ответ из четырех предложенных.

После проработки теоретического материала студенты приступают к самостоятельной работе, выполняя индивидуальные задания, перечень которых приведен после каждой темы.

В методических указаниях по подготовке к лабораторному практикуму содержится информация, облегчающая подготовку к лабораторным занятиям, практической работе в лабораторных условиях и защите лабораторной работы.

Список рекомендуемой для самостоятельной работы литературы приведен в конце пособия.

ЧАСТЬ 1. НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Под номенклатурой органических соединений понимают систему терминов, обозначающих строение веществ и пространственное расположение атомов в их молекулах. Основным принципом любой научной номенклатуры является следующее: каждому соединению должно соответствовать одно название и наоборот.

Строение любого органического вещества определяют две важнейшие составляющие: углеродный скелет и функциональные группы. Они положены в основу классификации органических соединений.

Ниже приведена общая классификация углеводородов и их функциональных производных, в соответствии с которой изложен материал в программе курса и рекомендуемой учебной литературе (рис. 1).

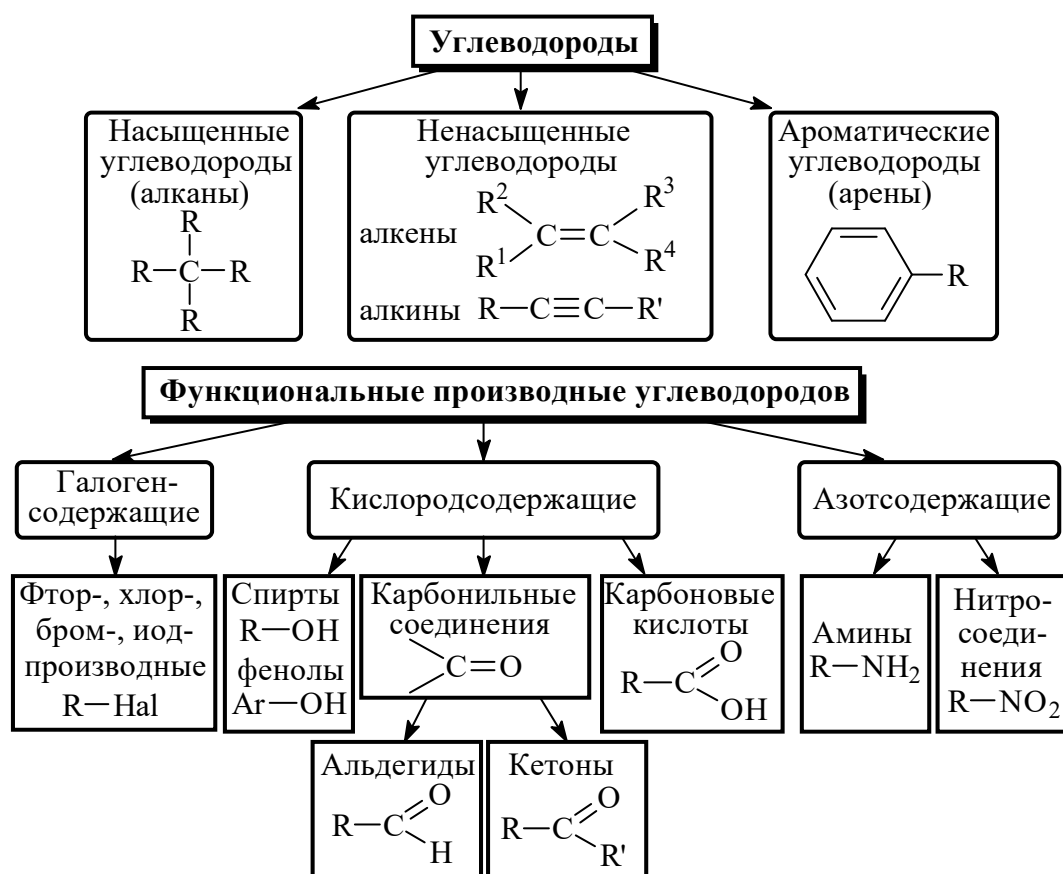


Рис. 1. Классификация углеводородов и их функциональных производных

Любой представитель каждого класса соединений может быть назван с применением принципов научной номенклатуры. В настоящее время используют несколько номенклатур. Ознакомившись с ними, студенты могут записать формулу требуемого вещества и дать название органическому соединению по его формуле.

К числу наиболее распространенных научных номенклатур относятся рациональная номенклатура и систематическая номенклатура IUPAC (ИЮПАК).

Тривиальная номенклатура использует систему исторически сложившихся названий, не отражающих строение органического вещества. Тривиальные названия запоминаются. Например: щавелевая кислота, ментол.

Систематическая номенклатура IUPAC (IUPAC – Международный союз теоретической и прикладной химии) является наиболее признанной и универсальной. Систематические названия полностью составлены из специально созданных или выбранных слогов и слов и связаны со структурными особенностями соединений.

Родоначальное название – та часть названия, от которого по определенным правилам строится название целиком (главная цепь или циклическая основа). Родоначальное название может быть как систематическим (например, «этан» и от него «этанол»), так и тривиальным (например, «бензол» и от него «хлорбензол»).

Родоначальные названия гомологического ряда **алканов** (формула и название):

CH_4	метан
CH_3CH_3 (C_2H_6)	этан
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ (C_3H_8)	пропан
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (C_4H_{10})	бутан
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ (C_5H_{12})	пентан
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ (C_6H_{14})	гексан
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$ (C_7H_{16})	гептан
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$ (C_8H_{18})	октан
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$ (C_9H_{20})	нонан
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$ ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$)	декан

Главная цепь – самая длинная, самая разветвленная последовательность углеродных атомов, содержащая максимальное число функциональных групп и кратных связей.

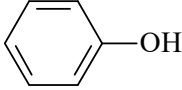
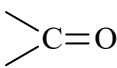
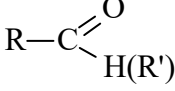
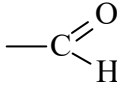
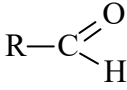
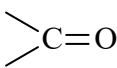
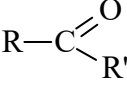
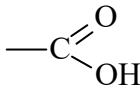
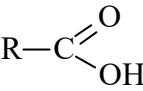
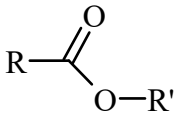
Углеродный скелет – последовательность связывания атомов углерода в молекуле.

Нормальный углеродный скелет – линейная цепочка связанных последовательно друг с другом атомов углерода.

Функциональная группа – атом или группа атомов, определяющая принадлежность соединения к конкретному классу и его химические свойства (табл. 1). Монофункциональные соединения содержат одну функциональную группу, полифункциональные – две или более.

Таблица 1

Основные функциональные группы и классы функциональных производных углеводов

Функциональная группа	Название функциональной группы	Название класса соединения	Общая структурная формула класса
–Hal	Галогены (фтор, хлор, бром, иод)	Галогенпроизводные	R–Hal
–OH	Гидроксильная	Спирты	R–OH
		Фенолы	Ar–OH 
	Карбонильная	Альдегиды, кетоны	
	Альдегидная	Альдегиды	
	Кетонная	Кетоны	
	Карбоксильная	Карбоновые кислоты	
C–O–C	Эфирная	Эфиры простые	R–O–R'
		Эфиры сложные	
–NH ₂	Аминная	Амины первичные	R–NH ₂
–NO ₂	Нитро	Нитросоединения	R–NO ₂

Характеристические группы – в номенклатуре IUPAC нефункциональные заместители и функциональные группы. Характери-

стические группы простых эфиров, атомов галогена, нитро-, нитрозо- и некоторых других групп не имеют старшинства и перечисляются в префиксах по алфавиту.

Старшая (главная) группа – функциональная группа, название которой в номенклатуре IUPAC отражается суффиксом (табл. 2). Никаких других преимуществ не имеет. Ниже представлен ряд увеличения старшинства некоторых функциональных групп:

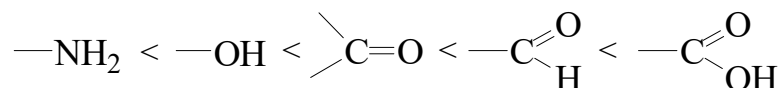
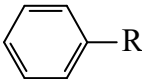


Таблица 2

Суффиксы по номенклатуре IUPAC и основы рациональных названий основных классов органических соединений

Класс соединений	Общая структурная формула	Суффикс по номенклатуре IUPAC	Основа по рациональной номенклатуре	Название основы по рациональной номенклатуре
Алканы	$\text{R}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{R}^1$	ан	$\begin{array}{c} \\ -\text{C}- \\ \end{array}$	Метан
Алкены	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R}^2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{R}^1 \quad \text{R}^3 \end{array}$	ен	$\text{>C}=\text{C}<$	Этилен
Алкины	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{R}^1$	ин	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	Ацетилен
Арены	 -R	бензол		Бензол
Спирты	$\text{R}-\text{OH}$	+ ол	$\begin{array}{c} \\ -\text{C}-\text{OH} \\ \end{array}$	Карбинол
Альдегиды	$\text{R}-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{smallmatrix}$	+ аль	$\begin{array}{c} \quad \text{O} \\ \quad // \\ -\text{C}-\text{C} \\ \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{H} \end{array}$	Уксусный альдегид
Кетоны	$\text{R}-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{R}^1 \end{smallmatrix}$	+ он	>C=O	Кетон
Кислоты	$\text{R}-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$	+ овая кислота	$\begin{array}{c} \quad \text{O} \\ \quad // \\ -\text{C}-\text{C} \\ \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{OH} \end{array}$	Уксусная кислота
Амины	$\begin{array}{c} \text{R}^2 \\ \\ \text{R}^1-\text{N}-\text{R}^3 \end{array}$	+ амин	$\begin{array}{c} \\ -\text{N}- \end{array}$	Амин

Заместитель – любой атом или группа атомов, замещающие в исходном соединении водород.

Умножающие префиксы – приставки ди-, три-, тетра- и т. д., применяемые для обозначения числа одинаковых заместителей или кратных связей.

Локант – цифра или буква, указывающая положение заместителя или кратной связи в главной цепи или цикле.

Алкильная группа (углеводородный радикал) – фрагмент, который остается после удаления атома водорода из молекулы алкана. В качестве общего символа для обозначения алкильной группы принята латинская буква **R** (табл. 3).

Таблица 3

Названия некоторых алкильных групп
(перечисляются в порядке возрастания старшинства)

Структурная формула группы	Название и краткое обозначение
CH_3-	Метил (Me)
CH_3-CH_2-	Этил (Et)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Пропил (Pr)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изопропил (<i>i</i> -Pr)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Бутил (Bu)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>втор</i> -Бутил (<i>s</i> -Bu)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изобутил (<i>i</i> -Bu)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>трет</i> -Бутил (<i>t</i> -Bu)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2-$	Пентил (амил)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изопентил (изоамил)
$\text{CH}_2=\text{CH}-$	Винил, этенил
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	Аллил
C_6H_5-	Фенил (Ph)
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	Толил (<i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>p</i> -)
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	Бензил (Bn)

Чтобы назвать соединение по систематической номенклатуре IUPAC, нужно:

- 1) выбрать родоначальную структуру;
- 2) выявить имеющиеся в соединении старшую и младшие функциональные группы; при этом название старшей функциональной группы указывают в конце названия соединения в виде суффикса, названия младших – в виде *префиксов* (приставок);
- 3) обозначить наличие двойной и тройной связей суффиксами *-ен* или *-ин* соответственно, поместив их перед суффиксом старшей функциональной группы;
- 4) пронумеровать главную цепь так, чтобы старшая группа имела по возможности меньший из возможных номеров (локантов);
- 5) перечислить префиксы (приставки) в алфавитном порядке, при этом названия одноименных заместителей группировать при помощи умножающих приставок *ди-*, *три-*, *тетра-* и т. д. (данные умножающие приставки при выборе алфавитного порядка не учитываются);
- 6) указать положение каждого заместителя, старшей и младших функциональных групп, двойной, тройной связей с помощью локантов;
- 7) составить полное название соединения согласно схеме (рис. 2).



Рис. 2. Схема составления названия соединения по систематической номенклатуре IUPAC

Пример составления названия по номенклатуре IUPAC дан на рис. 3.



Рис. 3. Пример составления названия соединения по систематической номенклатуре IUPAC

Рациональная номенклатура – номенклатура, за основу названия в которой принимают название наиболее простого (чаще первого, реже второго) члена гомологического ряда. Все остальные соединения рассматривают как его производные, образованные замещением в нем атомов водорода алкильными группами (табл. 2), атомами или функциональными группами.

Чтобы назвать соединение по рациональной номенклатуре, нужно:

- 1) определить класс называемого соединения;
- 2) выбрать основу названия;
- 3) перечислить окружающие основу заместители по степени их усложнения, при этом одноименные радикалы группировать с приставками *ди-*, *три-* и *тетра-*;
- 4) составить название, начиная с названия заместителей от более простых к более сложным и заканчивая названием основы.

Пример составления названия по рациональной номенклатуре дан на рис. 4.

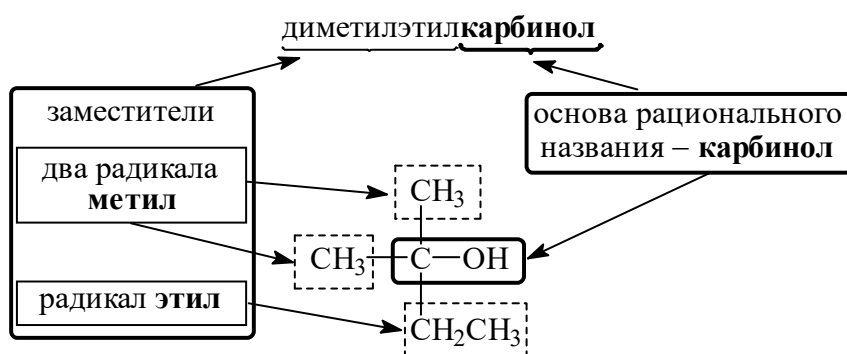
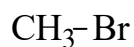


Рис. 4. Пример составления названия соединения по рациональной номенклатуре

Радикально-функциональная номенклатура – номенклатура, использующая те же приемы, что и рациональная, но вместо суффиксов применяющая названия классов соединений:



бутиловый спирт



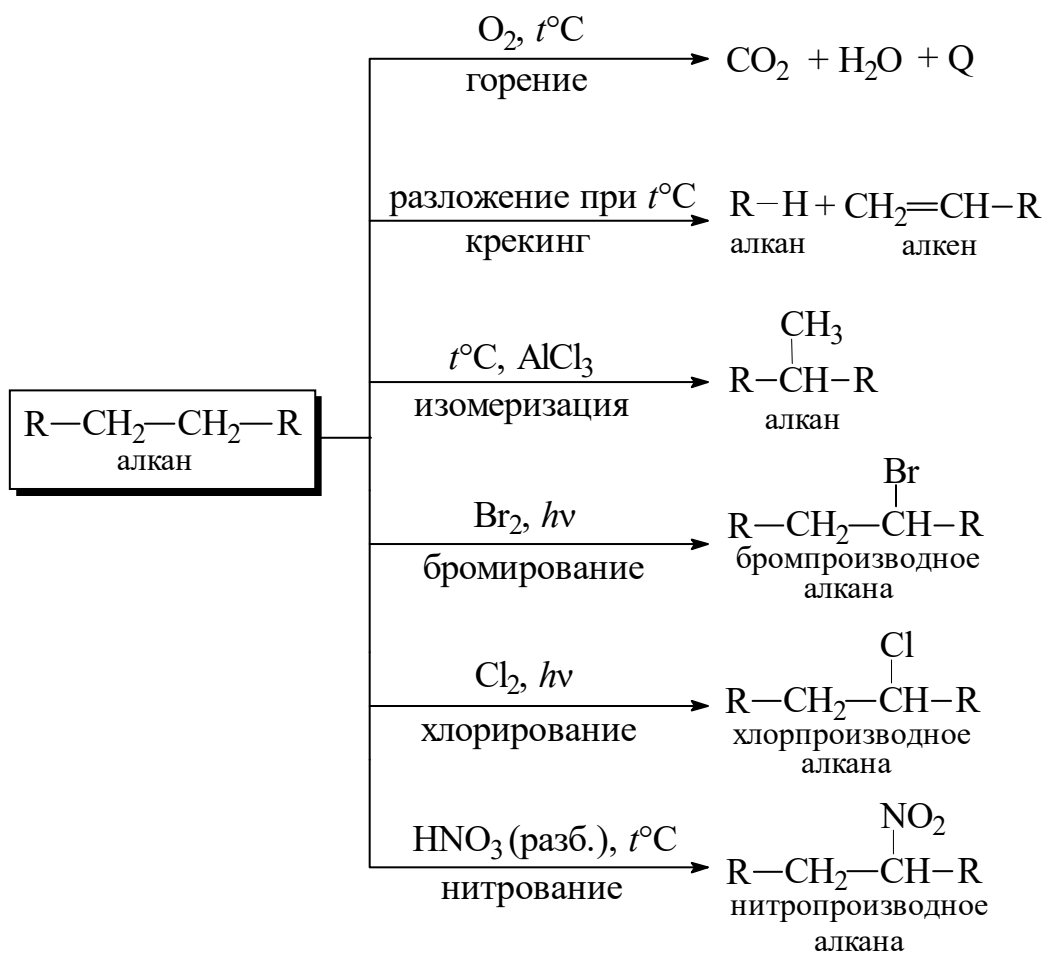
метилбромид

Правила IUPAC демонстрируют возможность использования этой номенклатуры в названиях спиртов (метиловый спирт, *втор*-бутиловый спирт), кетонов (метилэтилкетон, диэтилкетон), галогенпроизводных (изопропилхлорид или хлористый изопропил), нитрилов (пропилцианид), простых эфиров (диэтиловый эфир, бензилфениловый эфир), сульфидов (бензилнафтил-1-сульфид), сульфоксидов (диэтилсульфоксид) и других классов соединений.

Рациональная и радикально-функциональная номенклатуры используются для построения названий достаточно простых по структуре органических соединений, в то время как систематическая номенклатура IUPAC является универсальной.

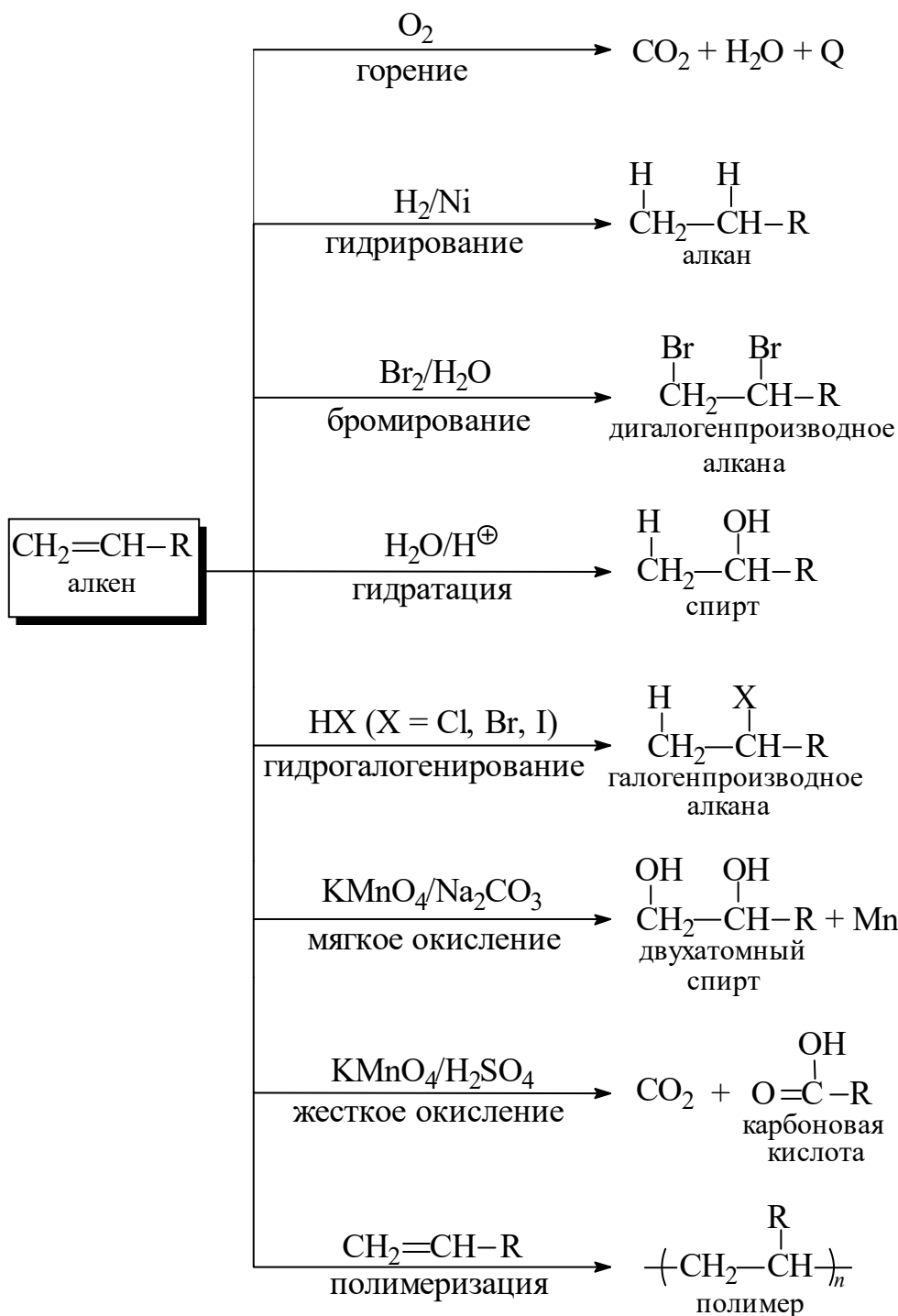
ЧАСТЬ 2. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Основные химические превращения алканов



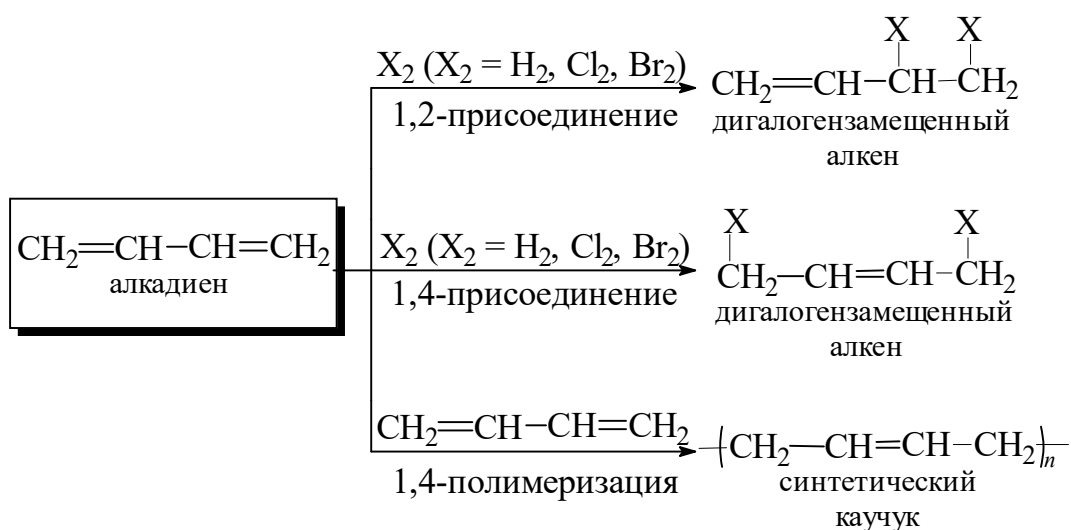
Применение: топливо, горючее для двигателей внутреннего сгорания, сырье для получения синтетических моющих средств, сажи (для резины, типографской краски), водорода (для синтеза аммиака), непредельных углеводородов, синтез-газа и пр.

Основные химические превращения алкенов



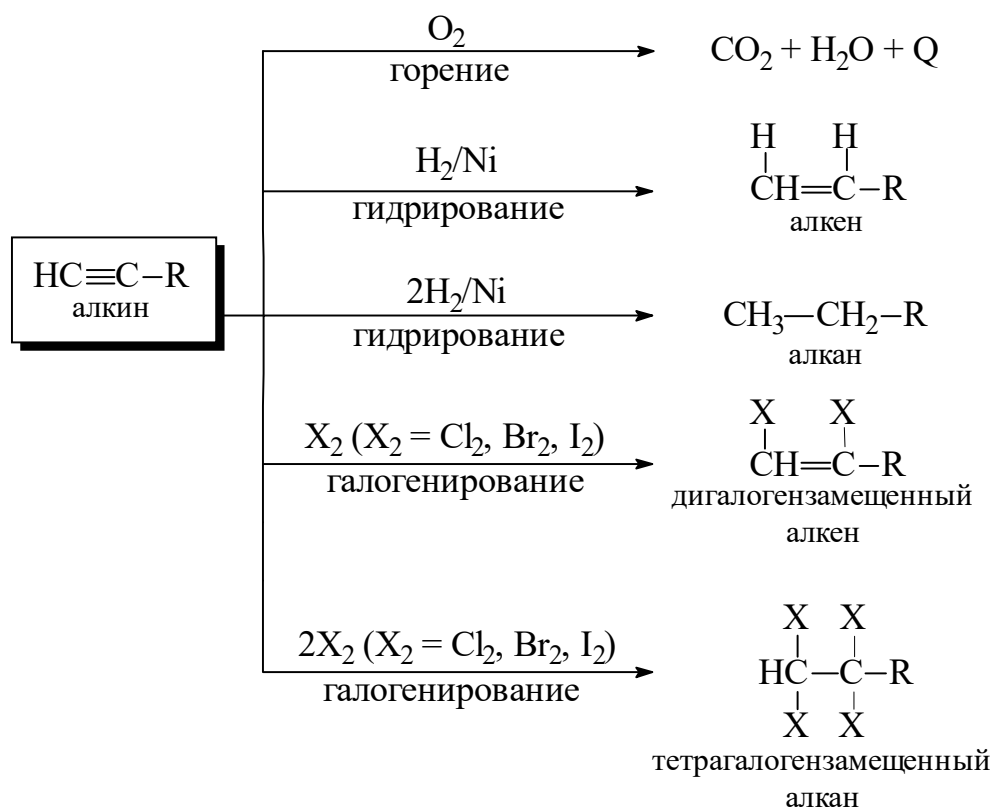
Применение: производство полимерных материалов, моторного топлива, сырье для получения антифризов, тормозных жидкостей, средств защиты растений и пр.

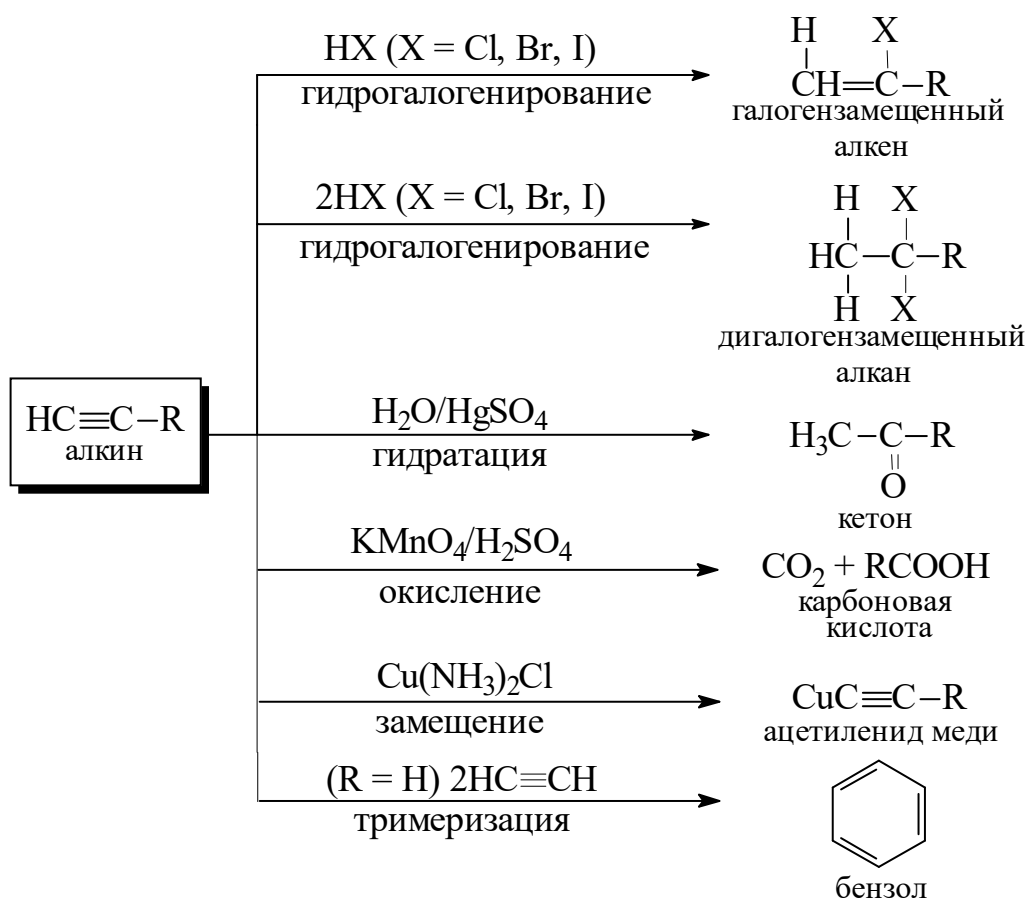
Основные химические превращения диенов



Применение: получение высокомолекулярных соединений, резины, эбонита и пр.

Основные химические превращения алкинов

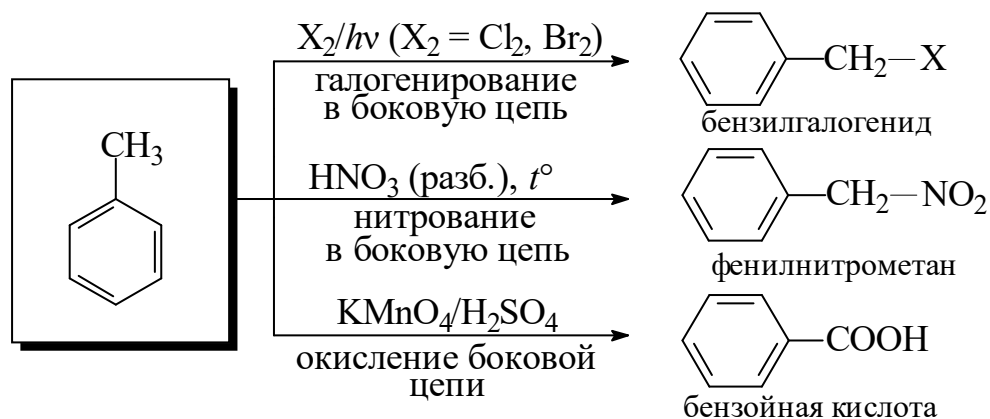




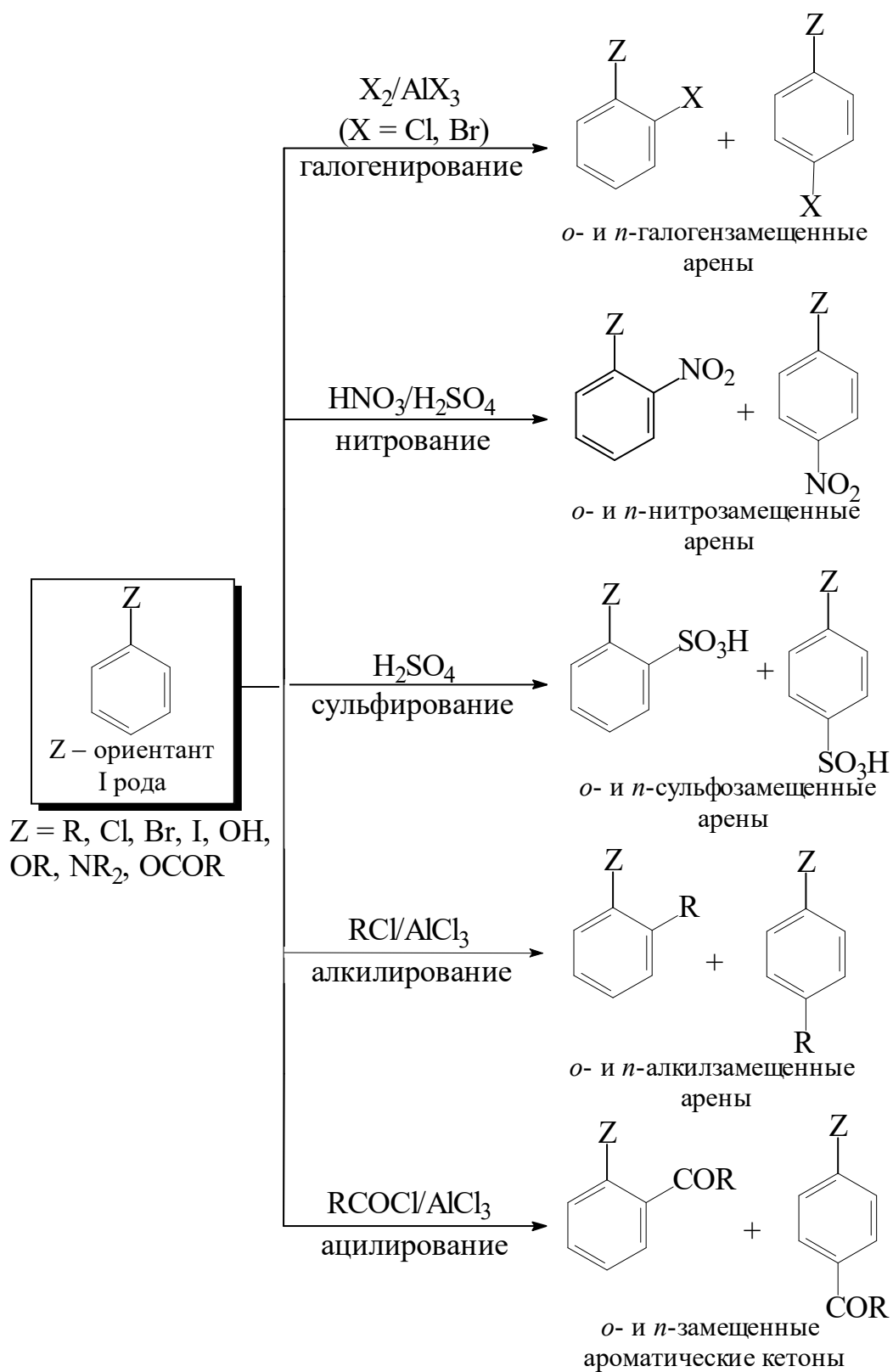
Применение: автогенная сварка и резка металлов, получение аренов и каучуков на их основе, мономеров (акрилонитрил, метилметакрилат, винилхлорид, винилацетат), уксусного альдегида и уксусной кислоты и пр.

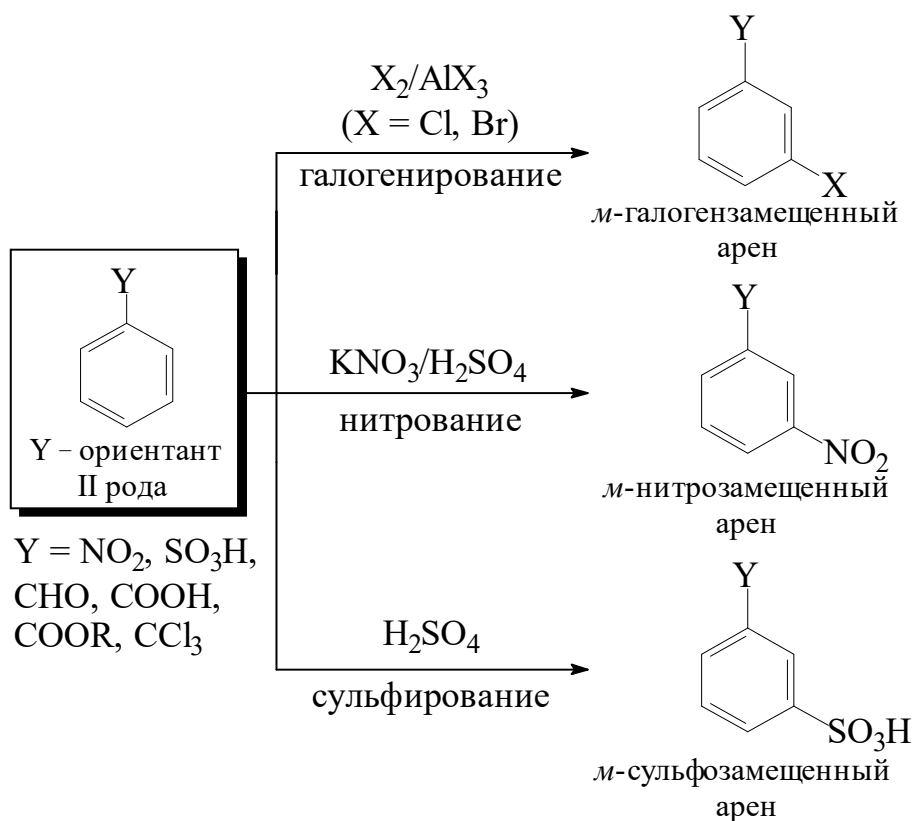
Основные химические превращения аренов

Реакции по боковой цепи:



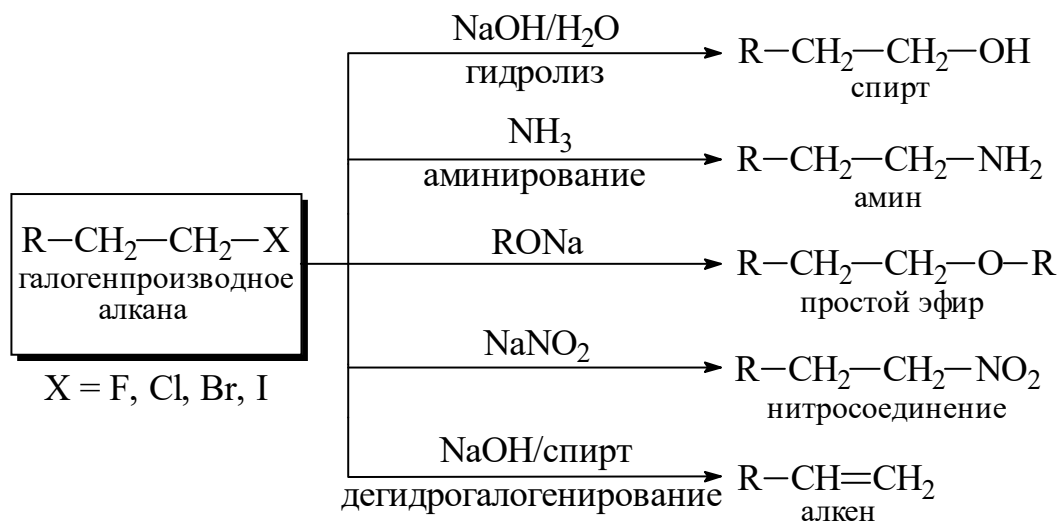
Реакции по ароматическому кольцу:





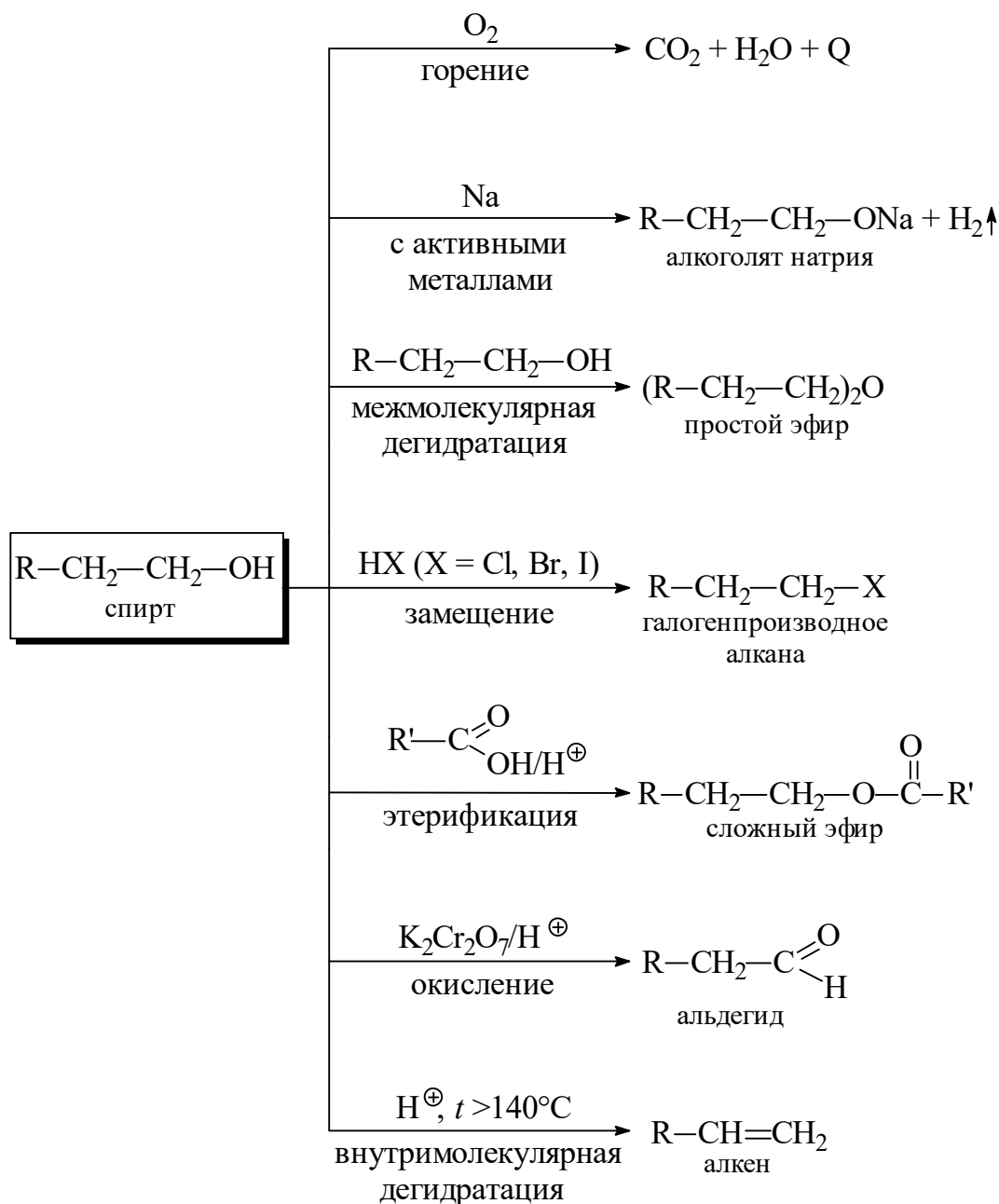
Применение: получение растворителей, полупродуктов при производстве красителей, высокомолекулярных соединений, смол, душистых веществ, лекарственных препаратов и пр.

Основные химические превращения галогенпроизводных алканов



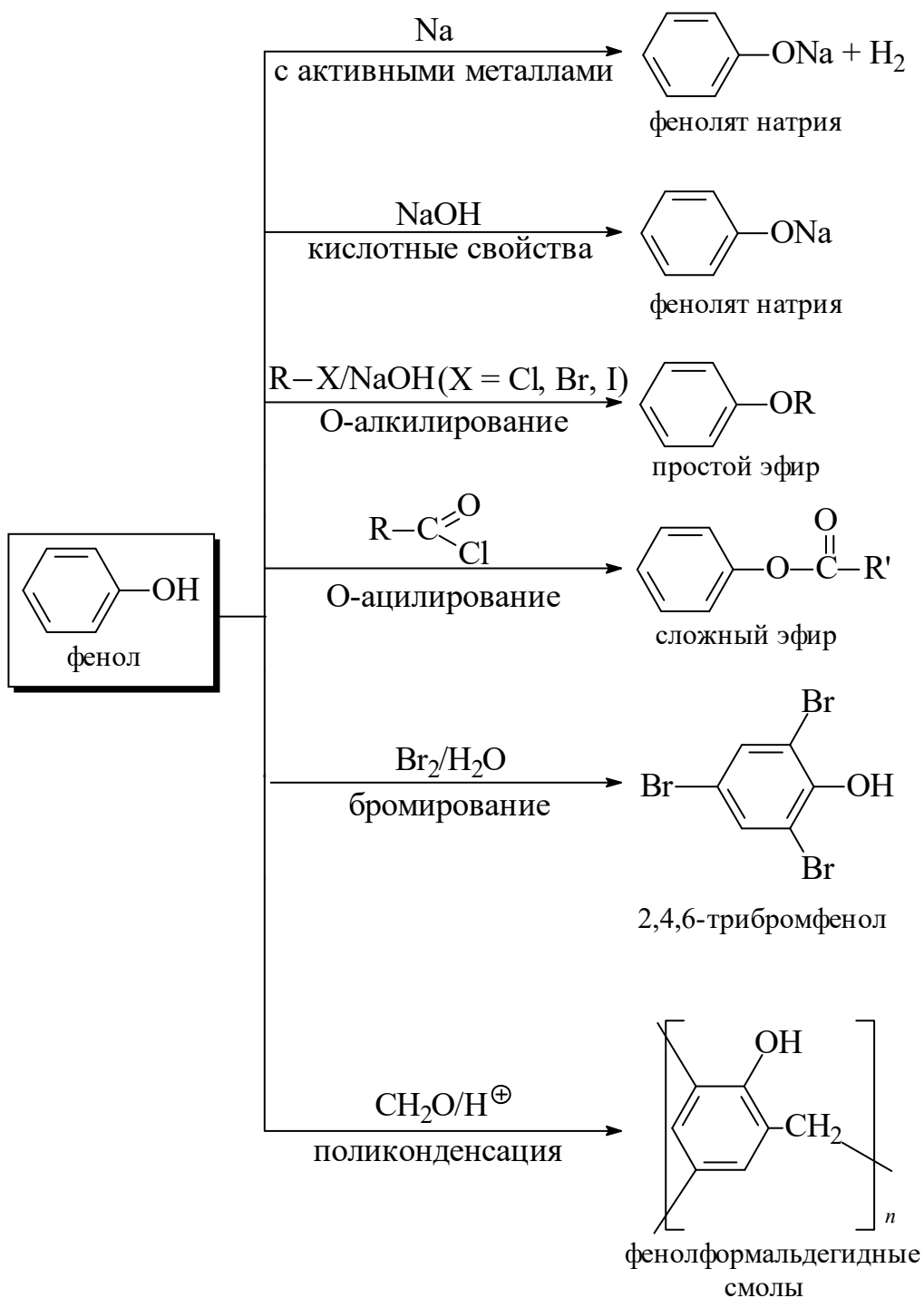
Применение: растворители, пламягасители, фреоны, производство полимерных материалов, пестицидов, инсектицидов, лекарственных средства и пр.

Основные химические превращения спиртов



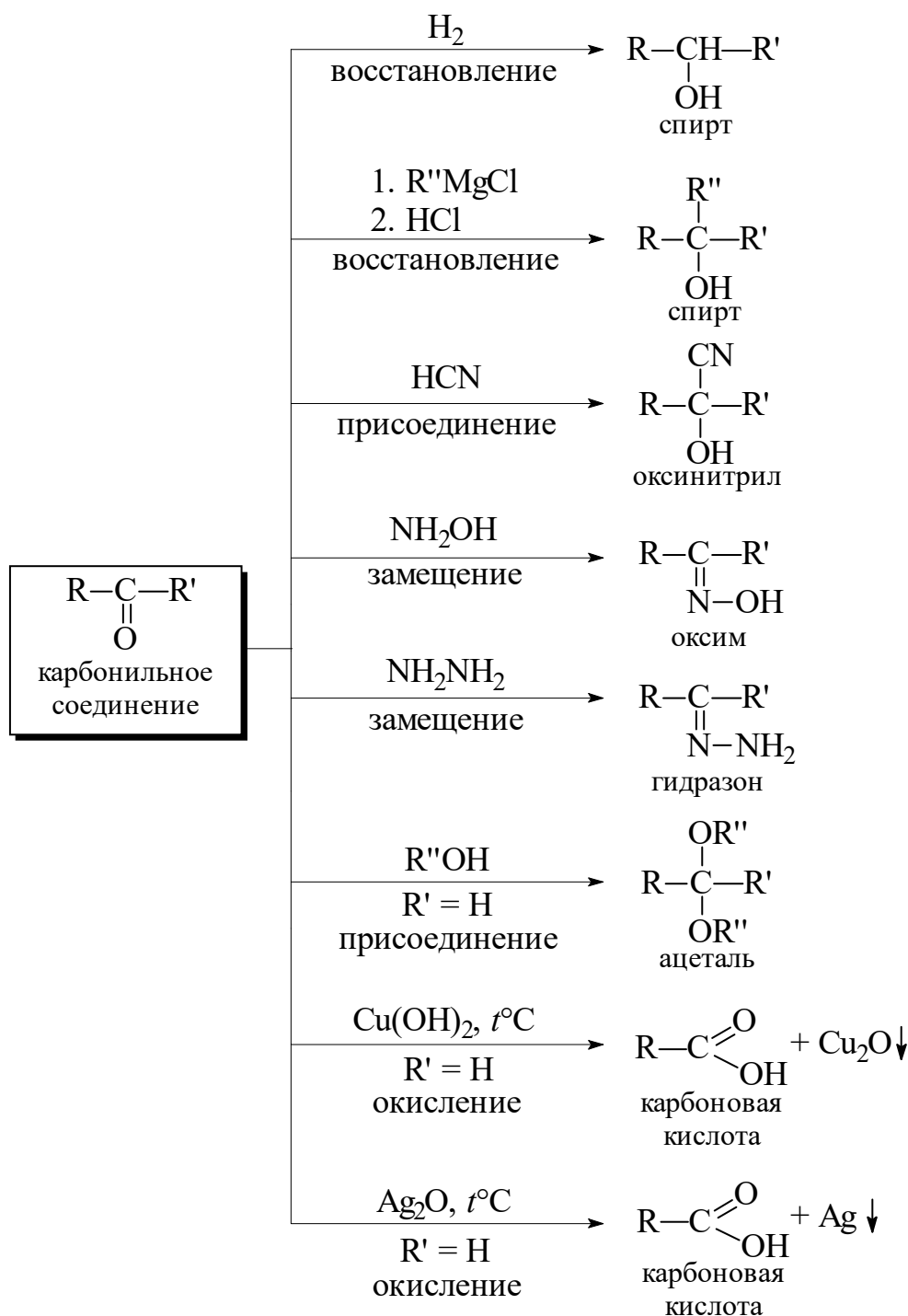
Применение: растворители, косметика, пищевая промышленность, синтетические волокна, лекарственные средства и пр.

Основные химические превращения фенолов



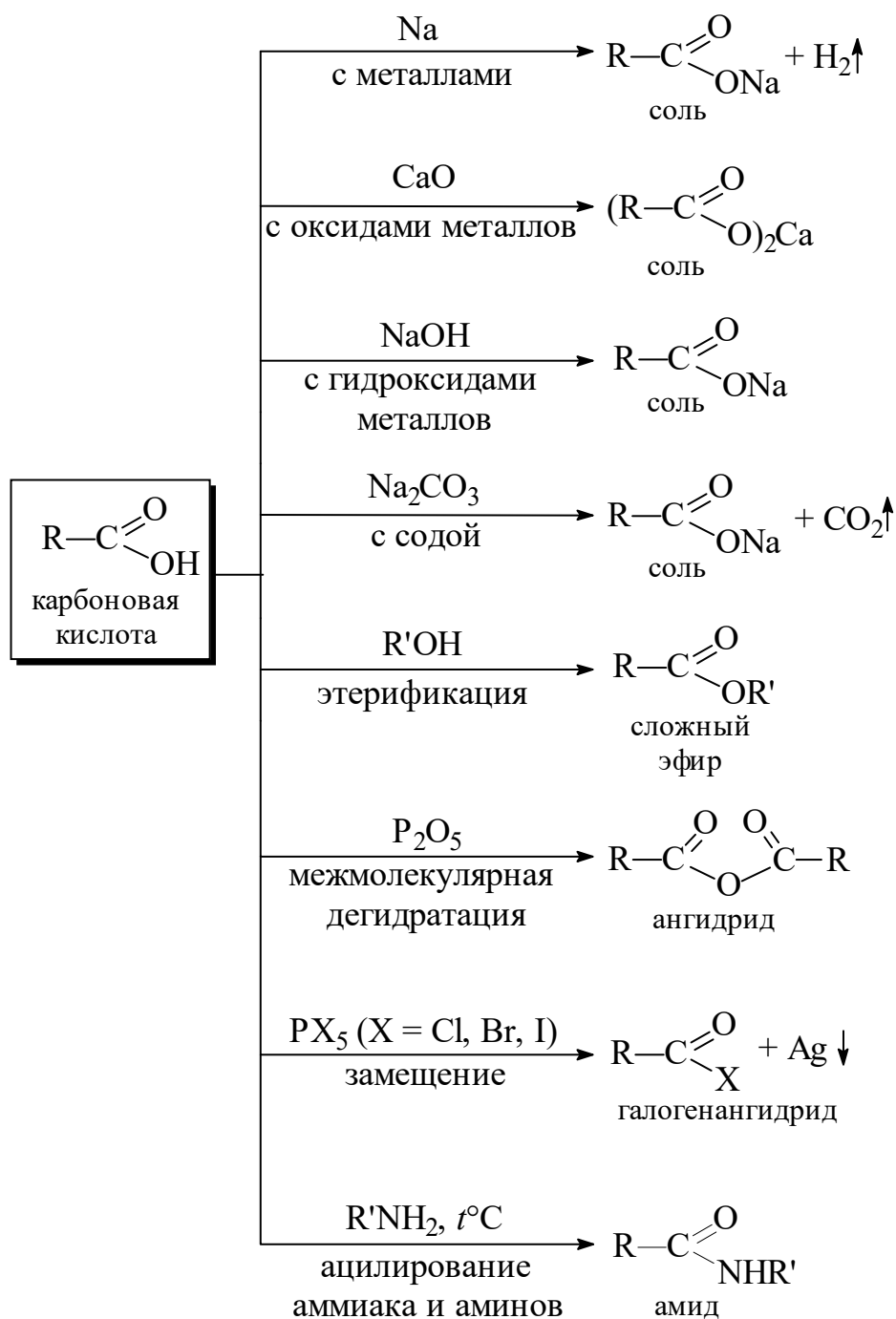
Применение: производство красителей, лекарственных средств, фенолформальдегидных смол, средств для консервирования древесины, пестицидов и пр.

Основные химические превращения карбонильных соединений



Применение: растворители, консерванты, сырье для получения полимеров, лекарственных средств, средств защиты растений.

Основные химические превращения карбоновых кислот



Применение: пищевая промышленность, получение синтетических волокон, моющих средств, лекарственных препаратов, средств защиты растений, текстильная промышленность и пр.

ЧАСТЬ 3. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ, КОНТРОЛЬНЫЕ ТЕСТЫ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Тема 1. Классификация и номенклатура органических веществ

Основные понятия и термины: строение; структурная изомерия; структурная формула; углеродный скелет; гомологический ряд; функциональная группа; номенклатура; главная цепь; старшинство заместителей; пространственные изомеры; хиральность; ковалентная связь; длина, энергия, полярность, поляризуемость химической связи; коллигация; координация; гомолиз; гетеролиз; σ - и π -связи; гибридизация; делокализованные связи; индукционный эффект; мезомерный эффект; субстрат; реагент; радикал; нуклеофил; электрофил.

Состав и строение органических соединений. Источники органических соединений: нефть, каменный уголь, горючие сланцы, природный газ, древесина, растительное сырье. Роль и значение органических соединений для промышленности тяжелого органического синтеза, топливно-энергетического комплекса государства, фармацевтических производств.

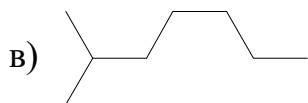
Основные представления теории химического строения органических соединений. Структурные формулы. Гомологические ряды. Изомерия органических соединений: структурная изомерия (углеродного скелета молекулы и положения заместителей или функциональных групп) и пространственная изомерия (энантиомерия, σ - и π -диастереомерия). Классификация органических соединений.

Химическая связь. Химическая реакция. Природа и типы химической связи. Ковалентная связь. Физические характеристики ковалентной связи: энергия, длина, направленность, полярность, поляризуемость. Способы образования ковалентной связи (коллигация, координация) и способы разрыва ковалентной связи (гомолиз и гетеролиз). Образование σ - и π -связей, осевое и боковое перекрывание орбиталей. Гибридное состояние атома углерода. Делокализованные связи.

Тест № 1

- 1) нефть;
- 2) природный газ;
- 3) древесина;
- 4) каменный уголь.

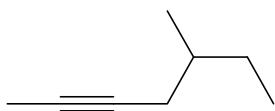
a) $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_2-\text{CH}_2}{\text{CH}_2}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ б) $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$



Г) $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$

1.3. Нормальный углеродный скелет имеют соединения: а) гексан-2-ол; б) 2-метилгексан; в) 2-бромгексан; г) гекс-1-ен:

1.4. Правильное название соединения, формула которого приведена ниже, указано под номером:



- 1) 5-метилгепт-2-ин;
- 2) 5-этилгекс-2-ин;
- 3) 3-метилгепт-5-ин;
- 4) 2-этилгекс-4-ин.

1.5. Структурным изомером гекс-2-ена является:

- 1) пент-1-ен;
- 2) 2-метилбут-2-ен;
- 3) 2,3-диметилбут-2-ен;
- 4) гепт-2-ен.

1.6. Ближайшим высшим гомологом пентана является:

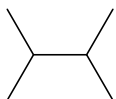
- 1) *n*-гептан;
- 2) 2-метилбутан;
- 3) пент-2-ен;
- 4) 2-метилпентан.

1.7. Среди приведенных формул отсутствует соединение класса:



- 1) спирт;
- 2) диеновый углеводород;
- 3) кетон;
- 4) карбоновая кислота.

1.8. По рациональной номенклатуре соединение, формула которого приведена ниже, имеет название:



- 1) 2,3-диметилбутан;
- 2) 2-изопропилпропан;
- 3) тетраметилэтан;
- 4) диметилизопропилметан.

1.9. В виде энантиомерной пары существует:

- 1) глицерин;
- 2) 2-метилбутан;
- 3) 2-метилпропан;
- 4) 2-хлорпропан-1-ол.

1.10. Наибольшее число π -связей имеется в молекуле:

- 1) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 2) $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 3) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$
- 4) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{N}$

Тема 2. Алканы

Основные понятия и термины: насыщенные углеводороды; радикальные цепные реакции; диспропорционирование; крекинг.

Гомологический ряд алканов. Распространенность алканов в природе. Номенклатура. Промышленные способы получения алканов из нефти, угля и природного газа (перегонка нефти, крекинг, процесс Фишера – Тропша). Лабораторные способы получения алканов: гидрирование, реакция Вюрца, декарбоксилирование карбоновых кислот, синтез Кольбе. Характеристика реакционной способности алканов. Основные реакции алканов: галогенирование, нитрование по Коновалову, окисление, дегидрирование, крекинг, пиролиз. Понятие о цепных радикальных реакциях в алканах.

Тест № 2

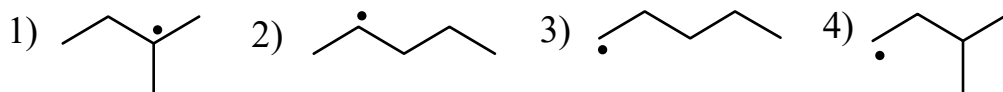
2.1. К промышленным способам получения алканов относится:

- 1) $\text{C} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{kt, t^\circ\text{C}} \text{CH}_4$;
- 2) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$;
- 3) $2\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Na} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{NaCl}$;
- 4) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{kt} \text{C}_2\text{H}_6$.

2.2. Наиболее высокую температуру кипения имеет углеводород:

- 1) 2-метилпентан;
- 2) *n*-пентан;
- 3) *n*-гексан;
- 4) 2,2-диметилбутан.

2.3. Из приведенных ниже наиболее стабильным радикалом является:



2.4. Смесь трех моноклорпроизводных образуется при хлорировании на свету: а) *n*-пентана; б) *n*-бутана; в) изобутана; г) *n*-гексана:

- 1) а, б; 2) б, в; 3) в, г; 4) а, г.

2.5. Алкан с большим углеродным скелетом по сравнению с исходным продуктом образуется в процессе:

- 1) электролиза CH_3COONa ;
- 2) разложения смеси $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$ с NaOH при нагревании;
- 3) электролиза $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$;
- 4) разложения смеси CH_3COONa с NaOH при нагревании.

2.6. Для получения 2,3-диметилбутана с наилучшим выходом в реакцию с металлическим натрием следует ввести:

- 1) 2,3-дибромбутан и 2 моль бромметана;
- 2) 1-бромпропан;
- 3) 2-бромпропан;
- 4) 2-бром-3-метилбутан и бромметан.

2.7. Укажите число ненасыщенных соединений из приведенных далее, гидрирование кратных связей которых ведет к 2-метилбутану: 2-метилбут-1-ен; 2-метилбут-2-ен; 3-метилбут-1-ен; изопрен; хлоропрен, 3-метилбут-1-ин:

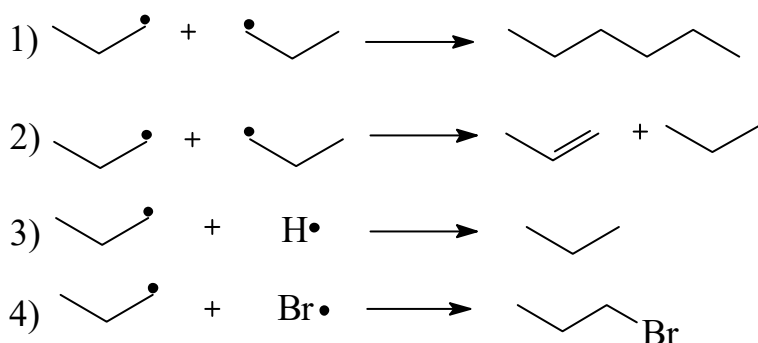
- 1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

2.8. Назначение крекинга высококипящих нефтяных фракций:

а) повышение октанового числа бензинов; б) получение алкенов; в) получение парафинов; г) повышение выхода бензиновых фракций:

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

2.9. К процессу диспропорционирования относится реакция:



2.10. Метан попадает в атмосферу: а) при сельскохозяйственной деятельности человека; б) при анаэробном разложении органических отходов; в) при горении органических веществ; г) при работе двигателей внутреннего сгорания:

1) а; 2) а, б; 3) в; 4) г.

Тема 3. Алкены. Диеновые углеводороды

Основные понятия и термины: ненасыщенные углеводороды; алкены; правило Зайцева; правило Марковникова; окисление; полимеризация; мономер; полимер; сопряженные диены; 1,4-присоединение; каучуки; качественные реакции.

Гомологический ряд алкенов. Номенклатура и структурная изомерия алкенов. Пространственная изомерия (*цис*- и *транс*-изомерия). Способы промышленного получения алкенов: пиролиз, крекинг, дегидрирование алканов. Лабораторные способы получения алкенов реакциями отщепления из спиртов, галогеналканов, 1,2-дигалогеналканов; каталитическое гидрирование алкинов. Правило Зайцева. Реакционная способность алкенов: реакции электрофильного присоединения на примере галогенирования, гидрогалогенирования, гидратации. Правило Марковникова и его объяснение. Присоединение бромоводорода по радикальному механизму по кратной связи против правила Марковникова. Радикальное хлорирование алкенов по аллильному положению. Реакция Вагнера. Жесткое окисление алкенов с разрывом кратной связи, озонлиз. Полимеризация и сополимеризация алкенов. Понятие о мономерах и полимерах. Промышленное производство полиэтилена, полипропилена, полиизобутилена.

Диены с кумулированными, сопряженными и изолированными связями. Электронное строение и особенности физических и химических свойств соединений с сопряженными кратными связями. Понятие о системе чередующихся одинарных и кратных связей, делокализация электронов сопряженных π -связей. Реакционная способность диенов. Особенности реакций присоединения к сопряженным диенам по положениям 1,2- и 1,4- в зависимости от условий реакции. Полимеризация диенов, промышленное получение бутадиенового, изопренового и хлоропренового каучуков.

Тест № 3

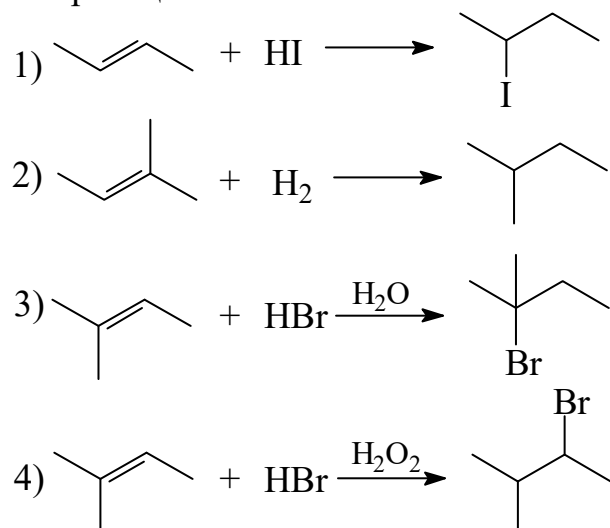
3.1. В виде пространственных *цис*-, *транс*-изомеров существует:

- 1) 2-метилбут-2-ен;
- 2) пент-2-ен;
- 3) пент-1-ен;
- 4) 2,3-диметилбут-2-ен.

3.2. При дегидратации 4-метилпентан-2-ола основным продуктом реакции является:

- 1) 2-метилпент-2-ен;
- 2) 2-метилпент-1-ен;
- 3) 4-метилпент-2-ен;
- 4) 4-метилпент-1-ен.

3.3. В соответствии с правилом Марковникова идет присоединение в реакции:



3.4. При жестком окислении какого из приведенных алкенов образуется смесь уксусной и 2-метилпропановой кислот:

- 1) 4-метилпент-2-ен;
- 2) 3-метилпент-1-ен;
- 3) 2-метилпент-1-ен;
- 4) гекс-2-ен?

3.5. Качественными реакциями на кратную связь являются:
а) обесцвечивание бромной воды; б) реакция Вагнера; в) присоединение HBr в присутствии H_2O_2 ; г) гидрирование:

- 1) а, б; 2) а, в; 3) а, г; 4) б, в.

3.6. Выберите правильно записанное мономерное звено полимера, образующегося при полимеризации гекса-2,4-диена:

- 1) $\left[\text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}(\text{CH}_3) \right]_n$ 2) $\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}(\text{CH}_3) \right]_n$
- 3) $\left[\text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) \right]_n$ 4) $\left[\text{C}(\text{CH}_3) = \text{CH} - \text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3) \right]_n$

3.7. Укажите продукт аллильного замещения пропена при его хлорировании при 450°C :

- 1) пропин;
- 2) 3-хлорпроп-1-ен;
- 3) 1,2-дихлорпропан;
- 4) пропенилхлорид.

3.8. Укажите условия гидрогалогенирования бут-1-ена против правила Марковникова:

- 1) $\text{HBr}/\text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$;
- 3) HOBr ;
- 4) $\text{HBr}/\text{H}_2\text{O}_2$.

3.9. При полимеризации винилбензола образуется:

- 1) поливиниловый спирт;
- 2) поливинилацетат;

- 3) полистирол;
- 4) поливинилхлорид.

3.10. Укажите алкен, существующий в виде пространственных *цис*-, *транс*-изомеров:

- 1) бут-1-ен;
- 2) бут-2-ен;
- 3) 2,3-диметилбут-2-ен;
- 4) 2-метилбут-2-ен.

Тема 4. Алкины

Основные понятия и термины: алкины; реакция Кучерова; кислотность алкинов; ацетилениды; димеризация; тримеризация.

Ацетилен и его гомологи. Номенклатура. Промышленные способы получения ацетилена. Лабораторные способы получения алкинов: дегидрогалогенирование дигалогеналканов, получение гомологов с использованием ацетиленидов металлов. Электронное строение молекулы ацетилена, *sp*-гибридизация атома углерода. Кислотные свойства связи $\equiv\text{C}-\text{H}$ в терминальных алкинах. Получение ацетиленидов металлов и их применение. Реакции присоединения по тройной связи: каталитическое гидрирование, галогенирование и гидрогалогенирование; реакция Кучерова. Каталитическая димеризация алкинов; реакции каталитической циклотримеризации по Зелинскому.

Тест № 4

4.1. Число π -связей в молекуле пропина равно:

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

4.2. Наиболее экономичным промышленным способом получения ацетилена является:

- 1) нагревание метана до 1500°C ;
- 2) окислительный пиролиз метана при 1500°C ;
- 3) разложение карбида кальция водой;
- 4) высокотемпературное дегидрирование этилена.

4.3. Верны ли утверждения: а) длина $C\equiv C$ -связи меньше длины $C=C$ -связи; б) одна из $C\equiv C$ -связей является σ -связью, а две другие – π -связями?

- 1) а) верно, б) верно;
- 2) а) верно, б) неверно;
- 3) а) неверно, б) верно;
- 2) а) неверно, б) неверно.

4.4. Общая формула гомологического ряда алкинов имеет вид:

- 1) C_nH_{2n+2} ; 2) C_nH_{2n} ; 3) C_nH_{2n-2} ; 4) C_nH_{2n-6} .

4.5. Отличить бут-1-ин от бут-2-ина можно, используя реакцию:

- 1) с Br_2/H_2O ;
- 2) с $Cu(NH_3)_2Cl$;
- 3) с $KMnO_4/Na_2CO_3$;
- 4) с $KMnO_4/H_2SO_4$.

4.6. Альдегид образуется в реакции Кучерова при присоединении воды:

- 1) к пропиону;
- 2) к пент-1-ину;
- 3) к бут-2-ину;
- 4) к этину.

4.7. Укажите алкин, при взаимодействии которого с водой в присутствии солей ртути образуется смесь кетонов:

- 1) пропин;
- 2) пент-1-ин;
- 3) бут-2-ин;
- 4) пент-2-ин.

4.8. Кислотные свойства алкинов с концевой тройной связью проявляются в реакциях: а) с $Cu(NH_3)_2Cl$; б) с Br_2/H_2O ; в) с $NaNH_2$; г) с $Ag(NH_3)_2OH$:

- 1) а; 2) а, б; 3) а, в, г; 4) б.

4.9. При тримеризации ацетилена образуется:

- 1) винилацетилен;
- 2) бензол;

- 3) циклоокта-1,3,5,7-тетраен;
- 4) циклодека-1,3,5,7,9-пентаен.

4.10. В промышленности ацетилен используют для получения:
а) винилацетата; б) бута-1,3-диена; в) акрилонитрила; г) изопрена;
д) хлоропрена; е) винилхлорида:

- 1) а, б; 2) а, б, в; 3) а, в, г; 4) всех этих мономеров.

Тема 5. Ароматические углеводороды.

Ароматические соединения с конденсированными и неконденсированными ядрами

Основные понятия и термины: ароматичность; электрофильное замещение; орто-, мета-, пара-положения; правила ориентации; согласованная ориентация; несогласованная ориентация; многоядерные арены.

Гомологический ряд бензола, изомерия, номенклатура. Способы промышленного получения ароматических углеводородов: ароматизация фракций нефти (каталитический риформинг). Синтетические способы получения гомологов бензола: реакция Фюрца – Фиттига, алкилирование по Фриделю – Крафтсу. Электронное строение молекулы бензола, система сопряженных π -связей и устойчивость бензольного кольца к реакциям присоединения и окисления. Каталитическое гидрирование кольца бензола и присоединение хлора по кратным связям в условиях облучения. Реакции по боковой цепи: галогенирование и нитрование в α -положение, окисление боковой цепи до карбоксильной группы. Реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях: нитрование, сульфирование, каталитическое галогенирование, алкилирование и ацилирование по Фриделю – Крафтсу. Влияние заместителя на скорость реакции и место вхождения электрофильного реагента. Правила ориентации, заместители I и II рода, согласованная и несогласованная ориентация. Использование аренов: высокооктановое топливо, растворители, сырье для промышленности тяжелого органического синтеза. Токсичность аренов и экологические проблемы, связанные с их использованием и переработкой.

Тест № 5

5.1. Количество дизамещенных аренов с молекулярной формулой C_9H_{12} равно:

- 1) 2; 2) 3; 3) 5; 4) 4.

5.2. К ароматическим углеводородам относятся: а) бензол; б) циклогексен; в) циклобута-1,3-диен; г) нафталин.

- 1) а; 2) а, в; 3) а, г; 4) а, в, г.

5.3. По боковой цепи этилбензола идет реакция:

- 1) нитрования нитрующей смесью;
2) бромирования в присутствии $AlBr_3$;
3) бромирования на свету;
4) хлорирования в присутствии $AlCl_3$.

5.4. Окисление пропилбензола раствором $KMnO_4/H_2SO_4$ при нагревании ведет к образованию:

- 1) смеси *о*-, *м*- и *п*-пропилбензойных кислот;
2) 3-фенилпропановой кислоты;
3) фенилуксусной кислоты;
4) бензойной кислоты.

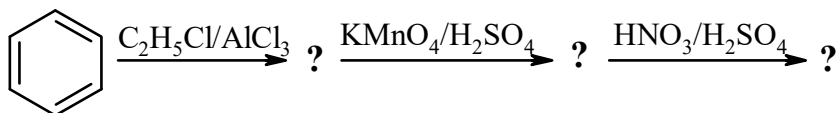
5.5. При нитровании фенола преимущественно образуются: а) *о*-нитрофенол; б) *м*-нитрофенол; в) *п*-нитрофенол:

- 1) а, б; 2) б; 3) а, в; 4) б, в.

5.6. При хлорировании нитробензола в присутствии $AlCl_3$ преимущественно образуются: а) *о*-нитрохлорбензол; б) *м*-нитрохлорбензол; в) *п*-нитрохлорбензол:

- 1) а; 2) а, в; 3) б; 4) в.

5.7. Конечным продуктом цепочки превращений является:



- 1) 2-нитробензойная кислота;
2) 3-нитробензойная кислота;
3) 4-нитробензойная кислота;
4) 3-нитрофенилуксусная кислота.

5.8. Согласованную ориентацию заместителей в реакциях электрофильного замещения имеют соединения: а) *m*-ксилол; б) *n*-крезол; в) *n*-нитрофенол; г) 3-хлорбензойная кислота:

1) а, б; 2) а, в; 3) а, г; 4) б, г.

5.9. К классу конденсированных многоядерных ароматических соединений относится:

- 1) дифенил;
- 2) трифенилметан;
- 3) нафталин;
- 4) тетралин.

5.10. Бензол используется в промышленности для получения: а) стирола; б) кумола; в) анилина; г) циклогексана:

1) всех этих веществ; 2) а, в; 3) а, г; 4) а, б, в.

Тема 6. Галогенпроизводные углеводородов

Основные понятия и термины: алкилирование; нуклеофильное замещение; элиминирование; фреоны.

Классификация, номенклатура и изомерия. Физические свойства галогенпроизводных и их изменение в ряду фтор-, хлор-, бром- и иодпроизводных. Методы получения: радикальное галогенирование насыщенных углеводородов и присоединение по кратным связям алкенов и алкинов; электрофильное замещение в аренах; замещение группы –ОН в спиртах. Специальные методы получения фтор- и иодпроизводных. Связь С–Hal и ее характеристика. Характерные реакции галогенпроизводных: нуклеофильное замещение галогена и отщепление галогенводорода. Правило Зайцева. Промышленно важные галогенпроизводные углеводородов: хлористый метилен, хлороформ, тетрахлорметан, хлорбензол, винилхлорид, перфторуглеводороды, фреоны.

Тест № 6

6.1. Среди указанных изомеров состава $C_5H_{11}Br$ в виде пространственных изомеров существуют: а) 2-бромпентан; б) 3-бромпентан; в) 2-бром-2-метилбутан; г) 2-бром-3-метилбутан:

1) а, б; 2) а, в; 3) а, г; 4) в, г.

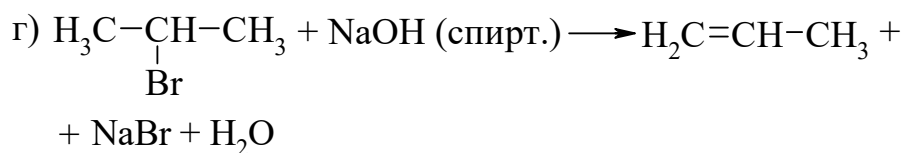
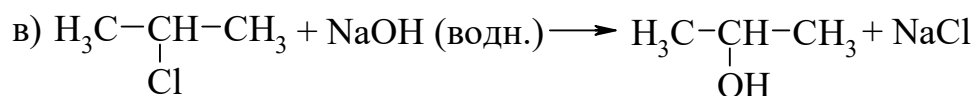
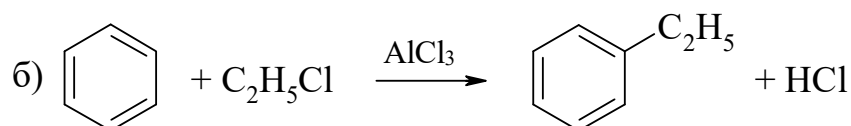
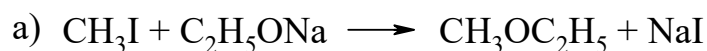
6.2. Вторичное галогенпроизводное образуется в реакции:

- 1) бромирования диметилизопропилметана на свету;
- 2) гидробромирования 2-метилбут-2-ена;
- 3) замещения гидроксильной группы в изобутиловом спирте под действием PCl_3 ;
- 4) взаимодействия 2-хлорбутана с NaI в ацетоне.

6.3. Под действием спиртового раствора щелочи легче подвергается дегидробромированию:

- 1) 1-бромпентан;
- 2) 2-бромпентан;
- 3) 2-метил-2-бромбутан;
- 4) 3-бромпентан.

6.4. К реакциям алкилирования относятся:



- 1) а, б; 2) а, б, в; 3) б, в, г; 4) все эти реакции.

6.5. Наиболее подвижным в реакциях нуклеофильного замещения является галоген в соединении:

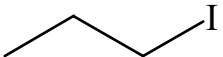
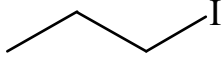
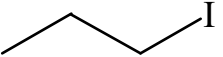
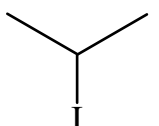
- 1) 1-бромпропан;
- 2) 2-бромпропан;
- 3) 1-бром-1-фенилпропан;
- 4) 1-бром-4-пропилбензол.

6.6. При гидролизе водным раствором щелочи кетон образуется:

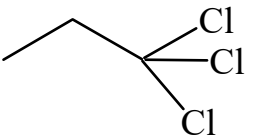
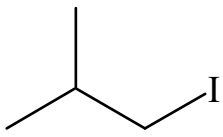
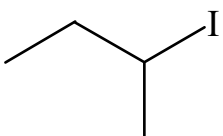
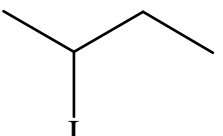
- 1) из 2,2-дихлорбутана;
- 2) из 1,2-дихлорбутана;

- 3) из 1,4-дихлорбутана;
- 4) из 1,1-дихлорбутана.

6.7. Углеводород с наибольшим числом атомов углерода в цепочке образуется в реакции:

- 1)  $\xrightarrow{\text{Na}}$
- 2)  $\xrightarrow{\text{NaOH (водн.)}}$
- 3)  $\xrightarrow{\text{NaOH (спирт.)}}$
- 4)  $\xrightarrow{\text{HI}}$

6.8. Алкен образуется в реакции:

- 1)  $\xrightarrow{\text{NaOH (водн.)}}$
- 2)  $\xrightarrow{\text{NaOH (водн.)}}$
- 3)  $\xrightarrow{\text{NaOH (спирт.)}}$
- 4)  $\xrightarrow{\text{HI}}$

6.9. При взаимодействии пропина с 1 моль бромистоводородной кислоты образуется:

- 1) 1-бромпропан;
- 2) 1-бромпроп-1-ен;
- 3) 2-бромпроп-1-ен;
- 4) 2-бромпропан.

6.10. Качественной реакцией на галогеналканы является:

- 1) реакция с водным раствором NaOH;
- 2) реакция со спиртовым раствором NaOH;
- 3) реакция с водно-спиртовым раствором AgNO_3 ;
- 4) реакция с метилатом натрия.

Тема 7. Спирты. Простые эфиры. Фенолы

Основные понятия и термины: гидроксильная группа; водородная связь; алкоголяты; простые эфиры; сложные эфиры; этерификация; дегидратация; многоатомные спирты; поликонденсация; фенолформальдегидные смолы.

Классификация, номенклатура и изомерия спиртов. Способы получения спиртов: гидролиз галогенпроизводных, гидратация алкенов и их окисление в реакции Вагнера, восстановление альдегидов и кетонов. Физические свойства спиртов, водородные связи. Кислотно-основные реакции группы $-\text{OH}$ в спиртах. Окисление спиртов. Внутри- и межмолекулярная дегидратация спиртов с образованием алкенов и простых эфиров. Реакция этерификации. Негативное воздействие спиртов на организм человека.

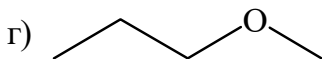
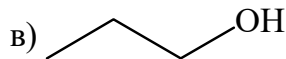
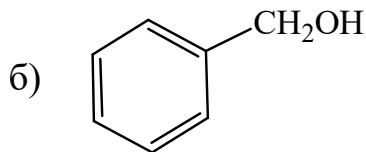
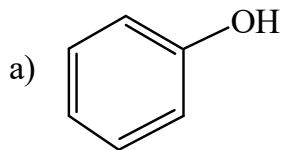
Многоатомные спирты. Важнейшие представители: этиленгликоль, глицерин. Качественная реакция на 1,2-диолы с гидроксидом меди (II). Промышленное получение глицерина из жиров и его синтез из пропилена. Промышленное получение этиленгликоля и его использование в технике и для синтеза лавсана.

Простые эфиры, их основные химические и физические свойства. Получение простых эфиров реакцией кислотной дегидратации спиртов и из алкилгалогенидов по Вильямсону.

Фенолы. Способы получения фенолов (кумольный метод, сплавление солей сульфокислот со щелочью, гидролиз ароматических галогенпроизводных). Особенности фенольной группы $-\text{OH}$ в сравнении со спиртовой. Получение и расщепление простых и сложных эфиров фенолов. Реакция фенола с формальдегидом и ее практическое значение для получения связующего компонента в производстве наполненных пресс-композиций. Качественные реакции фенолов с раствором хлорида железа (III) и бромной водой.

Тест № 7

7.1. К классу спиртов относятся соединения:



1) а, б; 2) б, в; 3) а, г; 4) в, г.

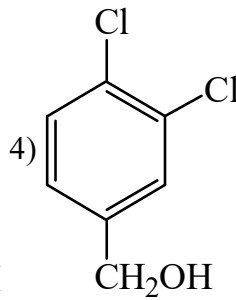
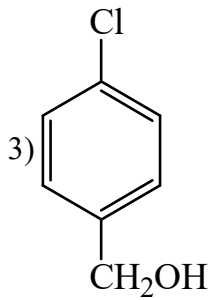
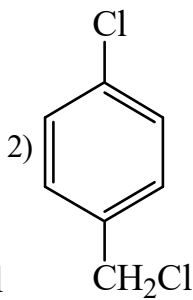
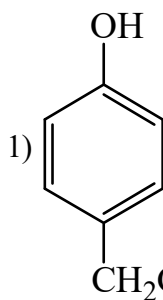
7.2. При гидролизе какого галогенпроизводного образуется спирт, окисляющийся под действием хромовой смеси до 2-метилпропаналя:

- 1) 2-метил-2-хлорпропан;
- 2) 2-метил-1-хлорпропан;
- 3) 2-хлорпропан;
- 4) 2-хлорбутан?

7.3. Среди приведенных соединений укажите вещество, обладающее наиболее высокой температурой кипения:

- 1) глицерин;
- 2) пропан-1-ол;
- 3) пропан-1,2-диол;
- 4) пропан-1,3-диол.

7.4. Какое соединение образуется при взаимодействии 4-гидроксиметилфенола с избытком HCl?



7.5. Укажите реагенты, позволяющие отличить раствор фенола от бензилового спирта: а) бромная вода; б) раствор соды; в) натрий; г) раствор хлорида железа (III):

1) а, б; 2) б, в; 3) а, г; 4) в, г.

7.6. Продуктами межмолекулярной дегидратации этиленгликоля являются: а) диэтиленгликоль; б) уксусный альдегид; в) диоксан; г) тетрагидрофуран:

1) все эти вещества; 2) а, б; 3) а, в; 4) г.

7.7. Глицерин получается в результате:

- 1) гидролиза тристеарина;
- 2) гидрогенизации триолеина;
- 3) гидролиза аллилхлорида;
- 4) гидрирования аллилового спирта.

7.8. Сложный эфир образуется в реакции:

- 1) метанола с бензойной кислотой;
- 2) метилата натрия с бензилхлоридом;
- 3) метанола с ацетиленом;
- 4) метанола с бензойным альдегидом.

7.9. Среди указанных веществ наиболее сильные кислотные свойства проявляет:

- 1) циклогексанол;
- 2) *n*-крезол;
- 3) бензиловый спирт;
- 4) 4-нитрофенол.

7.10. Промышленно используемые смолы получают при взаимодействии с фенолом:

- 1) фталевого ангидрида;
- 2) серной кислоты;
- 3) бромной воды;
- 4) формальдегида.

Тема 8. Альдегиды и кетоны

Основные понятия и термины: нуклеофильное присоединение; полуацетали; ацетали; имины; оксимы; гидразоны; конденсация.

Классификация, номенклатура и изомерия. Общие методы получения: окисление и дегидрирование спиртов, гидролиз дигало-

генпроизводных, пиролиз солей карбоновых кислот. Отдельные методы получения: реакции Кучерова, Фриделя – Крафтса, Гаттермана – Коха, оксосинтез. Химические свойства: реакции нуклеофильного присоединения HCN, гидросульфита натрия, спиртов (с получением полуацеталей и ацеталей), аммиака, гидразина и его замещенных, гидроксилamina. Каталитическое гидрирование карбонильных соединений водородом. Замещение α -H-атома в карбонильных соединениях на галоген, галоформная реакция. Реакции с галогенидами фосфора. Окисление альдегидов, качественные реакции на альдегидную группу – реакция с гидроксидом меди (II) и реактивом Толленса. Основные представители и их промышленное получение: формальдегид, уксусный альдегид, ацетон, бензальдегид.

Тест № 8

8.1. Пропаналь образуется в реакциях: а) дегидрирования пропан-1-ола над медью; б) восстановительного озонлиза гепт-3-ена; в) окисления по Вагнеру гепт-3-ена; г) гидролиза 1,1-дихлорпропана:

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

8.2. Присоединение воды к алкину по реакции Кучерова приводит к смеси кетонов при использовании в качестве субстрата:

- 1) фенилацетилена;
- 2) пропина;
- 3) пент-2-ина;
- 4) пент-1-ина.

8.3. Реакции нуклеофильного присоединения легче протекают по кратной связи:

1) $C\equiv C$; 2) $C=N$; 3) $C=O$; 4) $C\equiv N$.

8.4. Среди веществ, формулы которых приведены ниже, наиболее активная карбонильная группа находится в соединении:

- 1) бензойный альдегид;
- 2) формальдегид;
- 3) ацетон;
- 4) бензофенон.

8.5. Иодоформ образуется при взаимодействии $I_2/NaOH$:

- 1) с бутан-2-оном;
- 2) с диэтилкетон;
- 3) с бензойным альдегидом;
- 4) с пентаналем.

8.6. Укажите реагенты, которые позволяют отличить альдегид от кетона: а) $Ag(NH_3)_2OH$; б) $Cu(OH)_2$; в) $C_6H_5NHNH_2$; г) NH_2OH :

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

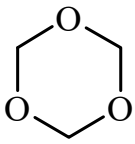
8.7. При нитровании бензойного альдегида нитрующей смесью преимущественно образуется:

- 1) 2-нитробензойный альдегид;
- 2) 3-нитробензойный альдегид;
- 3) 4-нитробензойный альдегид;
- 4) бензойная кислота.

8.8. При действии щелочи на карбонильное соединение реакция альдольной конденсации протекает в случае:

- 1) пропионового альдегида;
- 2) триметилуксусного альдегида;
- 3) бензойного альдегида;
- 4) муравьиного альдегида.

8.9. Параформ имеет формулу:

- 1) $\left[CH_2-O\right]_n$ 2) $\begin{array}{c} O \\ || \\ H-C-H \end{array}$
- 3) $\begin{array}{c} O \\ || \\ H_2C-C \\ | \quad \backslash \\ OH \quad H \end{array}$ 4) 

8.10. Ацетон применяют: а) при получении волокон методом «сухого формования»; б) для получения метакриловой кислоты; в) для получения изопрена:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) во всех этих процессах.

Тема 9. Карбоновые кислоты и их производные

Основные понятия и термины: карбоксильная группа; карбоксилат анион; галогенангидриды; ангидриды; амиды; нитрилы; ацилирование; жиры; масла; мыла; полиэфиры; полиамиды.

Классификация, номенклатура и изомерия одноосновных карбоновых кислот. Методы получения: окисление органических соединений, гидролиз производных карбоновых кислот и 1,1,1-тригалогенпроизводных. Химические реакции по карбоксильной группе. Качественная реакция на карбоксильную группу. Реакции карбоновых кислот по углеводородному радикалу, синтез замещенных карбоновых кислот. Производные кислот: получение и свойства солей карбоновых кислот, галогенангидридов, ангидридов, сложных эфиров, амидов и нитрилов. Кислотный и щелочной гидролиз сложных эфиров. Ацилирующие свойства производных карбоновых кислот, их гидролиз. Ряд активности ацилирующих средств. Ароматические карбоновые кислоты, реакции электрофильного замещения с их участием. Ненасыщенные одноосновные карбоновые кислоты: акриловая, метакриловая, линолевая, линоленовая; их строение, свойства и использование. Номенклатура и изомерия двухосновных карбоновых кислот. Щавелевая, малоновая, янтарная, адипиновая и фталевая кислоты.

Тест № 9

9.1. Уксусная кислота образуется при гидролизе: а) 1,1,1-трихлорэтана; б) ацетонитрила; в) этилацетата; г) этилбромида:

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

9.2. Наиболее высокую температуру кипения имеет:

- 1) пропан-1-ол;
- 2) пропаналь;
- 3) пропановая кислота;
- 4) метилпропионат.

9.3. Кислотные свойства соединений: а) уксусная кислота; б) муравьиная кислота; в) трихлоруксусная кислота; г) диметилуксусная кислота – ослабевают в ряду:

- 1) $a > б > в > г$;
- 2) $б > в > а > г$;
- 3) $в > б > а > г$;
- 4) $в > б > г > а$.

9.4. Функциональными производными бензойной кислоты являются: а) бензоилхлорид; б) бензилхлорид; в) этилбензоат; г) этилбензол:

- 1) а, б; 2) а, в; 3) а, г; 4) б, г.

9.5. Соли карбоновой кислоты образуются в реакциях: а) гидролиза этилацетата в щелочной среде; б) гидролиза этилацетата в кислой среде; в) уксусной кислоты с натрием; г) уксусной кислоты с аммиаком:

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

9.6. Сложный эфир (этилбензоат) образуется в реакции этанола: а) с бензоилхлоридом; б) с бензойной кислотой в кислой среде; в) с бензойным ангидридом; г) с бензойным альдегидом в кислой среде:

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

9.7. К промышленным процессам относятся: а) гидролиз жиров; б) гидрирование жиров; в) гидратация жиров; г) иодирование жиров:

- 1) а, б; 2) б, г; 3) в; 4) все перечисленные.

9.8. При проведении качественной реакции на карбоксильную группу используют:

- 1) раствор NaOH;
- 2) бромную воду;
- 3) раствор соды;
- 4) раствор KMnO_4 .

9.9. Производными двухосновных карбоновых кислот являются: а) лавсан; б) капрон; в) нейлон:

- 1) а; 2) а, б; 3) а, в; 4) все эти высокомолекулярные вещества.

9.10. Полиамидами являются: а) нейлон; б) шерсть; в) капрон; г) лавсан:

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

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ РАБОТА

Отчет о самостоятельной работе представляется студентами в виде индивидуальной работы. Студенты допускаются к выполнению лабораторной работы только при условии выполнения индивидуальной работы!

Выполнение индивидуальной работы включает решение семи заданий.

Предлагаемые для решения индивидуальные задания построены по единому образцу: общие условия для каждого задания сформулированы перед соответствующей таблицей, в которой приводятся индивидуальные задания для 20 вариантов. Индивидуальные задания 1–6 представлены в табл. 5–10. В формулировках заданий органические соединения обозначаются *заглавными* буквами, названия и формулы этих соединений для конкретных заданий находятся на пересечении номера соответствующего варианта и столбцов, в которых эти соединения обозначены. Задание 7 является общим для всех студентов и предусматривает их подготовку к лабораторному практикуму. Обращаем внимание на необходимость выполнения **четкого рисунка схемы прибора для перегонки с указанием названий посуды и оборудования, необходимых для ее реализации.**

При выполнении индивидуальных заданий для изображения соединений используются структурные формулы, отражающие последовательность связывания атомов в молекуле. В схемах реакций требуется указывать формулы и названия всех органических соединений, а также записывать формулы образующихся неорганических веществ. После таблиц приведены образцы оформления предлагаемых заданий на конкретном примере варианта № 0. Номера вариантов конкретного индивидуального задания представлены в первом столбце каждой таблицы.

Задание 7 имеет общую формулировку. В период самоподготовки каждый студент обязан выполнить свой вариант индивидуальной работы. Для формирования индивидуального комплекта заданий студенты должны использовать табл. 4. Номера заданий 1, 2 выбираются по первой букве фамилии, номера зада-

ний 3, 4 – по первой букве имени, номера заданий 5, 6 – по первой букве отчества. Задание 7, имеющее общую формулировку, в табл. 4 не упоминается.

Таблица 4

Перечень заданий по первым буквам ФИО

Первая буква ФИО	Фамилия		Имя		Отчество	
	Номер индивидуального задания					
	1	2	3	4	5	6
Образец	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
А	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1
Б	1.2	2.2	3.2	4.2	5.6	6.2
В	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3
Г	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4
Д	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
Е, Ё	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6
Ж, З	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7
И, Й	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8
К	1.9	3.9	3.9	4.9	5.9	6.9
Л	1.10	2.10	3.10	4.10	5.10	6.10
М	1.11	2.11	3.11	4.11	5.11	6.11
Н	1.12	2.12	3.12	4.12	5.12	6.12
О	1.13	2.13	3.13	4.13	5.13	6.13
П	1.14	2.14	3.14	4.14	5.14	6.14
Р	1.15	2.15	3.15	4.15	5.15	6.15
С	1.16	2.16	3.16	4.16	5.16	6.16
Т, У	1.17	2.17	3.17	4.17	5.17	6.17
Ф, Х, Ц	1.18	2.18	3.18	4.18	5.18	6.18
Ч, Ш, Щ	1.19	2.19	3.19	4.19	5.19	6.19
Э, Ю, Я	1.20	3.20	3.20	4.20	5.20	6.20

К примеру, при выполнении индивидуальной работы в период самоподготовки студенту **Сидорову Александру Яковлевичу** необходимо решить по буквам: **С** – задания 1.16 и 2.16; **А** – задания 3.1, 4.1; **Я** – задания 5.20, 6.20. Задания 1–6 имеют образцы решения и оформления, при выполнении задания 7 необходимо ответить на поставленные вопросы и нарисовать схему прибора для перегонки с указанием названий используемой химической посуды, для чего рекомендуется ознакомиться с методическими указаниями по подготовке к лабораторному практикуму.

Задание 1 (темы 1, 2)

Среди указанных веществ выберите соединения, имеющие межклассовые изомеры, изобразите структурную формулу одного из них, назовите классы соединений и приведите соответствующие названия по номенклатуре ИУРАС.

Определите, какое из соединений А–В существует в виде пространственных изомеров. Изобразите пару пространственных изомеров с указанием конфигурации (*R*, *S* или *Z*, *E*).

Таблица 5

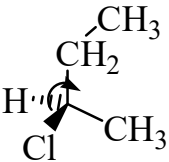
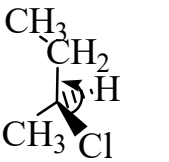
Индивидуальные варианты к заданию 1

Номер варианта	Соединение А	Соединение Б	Соединение В
1.0	Бутаналь	2-Хлорбутан	Гекс-1-ен
1.1	2-Метилпентановая кислота	Пент-1-ин	Гептан
1.2	Бутан-1-амин	Гекс-1-ен	2-Метилпентан-1-ол
1.3	Гекс-2-ен	<i>Трет</i> -бутиламин	Бутанон
1.4	2-Метилгексан	2-Метилпентан-3-ол	Бутановая кислота
1.5	Гекса-2,4-диен	Бут-2-ен	Изопентиламин
1.6	Бутан-2-ол	1-Хлорпентан	Циклогексан
1.7	Бутан-1-ол	3-Метилпентановая кислота	4-Метилгептан
1.8	Гексановая кислота	1-Фторбутан	Пент-2-ен
1.9	Пентиламин	2-Метилгекс-3-ен	Пропановая кислота
1.10	Гекс-1-ин	Гексаналь	2-Иодпентан
1.11	Циклопентан	Изопропиламин	3-Метилбутан-2-ол
1.12	Пентан-2-он	Гекс-3-ен	1-Бромбутан
1.13	2-Метилгептан	2-Метилбутан-2-ол	Бутаналь
1.14	Гексан-3-он	Бут-2-ин	Вторбутиламин
1.15	3-Бромпентан	Бутан-2-ол	Метилциклобутан
1.16	Пент-2-ен	Октан	Пентаналь
1.17	1-Иодбутан	2-Метилбутан-1-ол	Пента-1,3-диен
1.18	Метилвторбутиловый эфир	Бутанон	Гексиламин
1.19	4-Метилпент-2-ен	3-Хлорпентан	Гексан-2-он
1.20	3-Метилбутан-2-ол	Пропен	2-Этилпентан

Образец оформления задания 1 на примере варианта 1.0

Бутаналь	2-Хлорбутан	Гекс-1-ен
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\text{O}$ альдегид	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ галогеналкан	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ алкен
Межклассовый изомер – ненасыщенный спирт $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$ бут-2-ен-1-ол	Не имеет межклассового изомера	Межклассовый изомер – циклоалкан  циклогексан

В виде пространственных изомеров существует 2-хлорбутан:

Энантиомерная пара для 2-хлорбутана	
 (R)-2-хлорбутан	 (S)-2-хлорбутан

Задание 2 (темы 3, 4)

Напишите уравнения реакций 1 моль Br_2 с соединениями А, Б и В, укажите условия. Какие из этих соединений будут реагировать с HBr ? Приведите уравнения реакций. Назовите продукты всех реакций. Для алкена Б напишите уравнение полимеризации.

Таблица 6

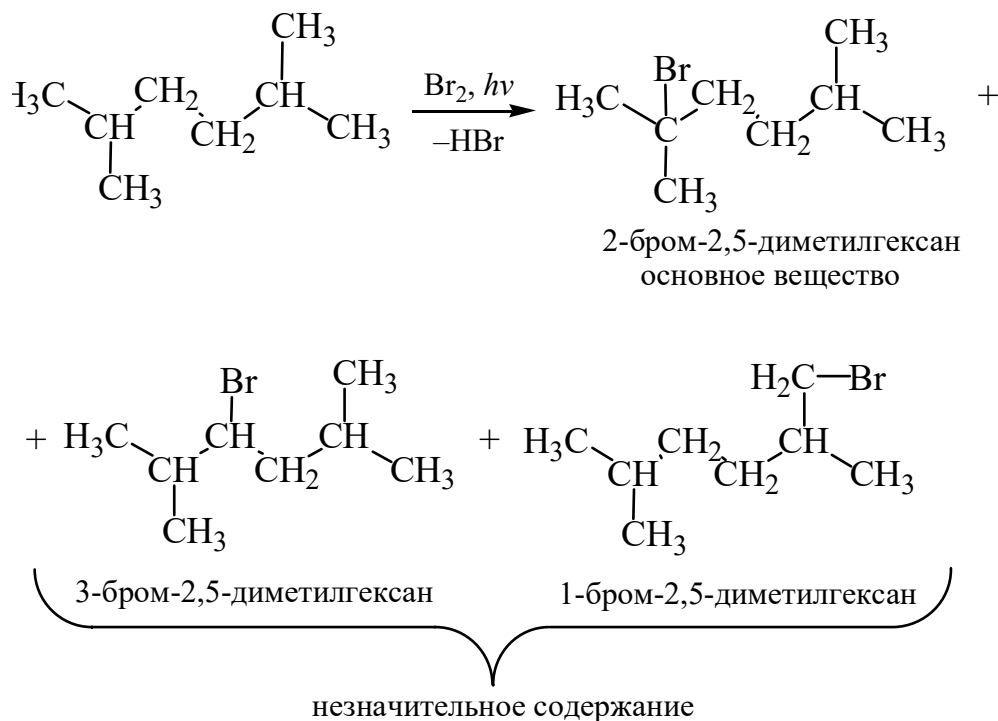
Индивидуальные варианты к заданию 2

Номер варианта	Соединение А	Соединение Б	Соединение В
2.0	2,5-Диметилгексан	Пропен	Пропин
2.1	2-Метилпропан	2-Метилпент-2-ен	3-Этилпент-1-ин
2.2	Бутан	2-Метилпропен	3-Метилпент-1-ин
2.3	3-Этилпентан	Бут-1-ен	3,3-Диметилпент-1-ин
2.4	Изобутан	3-Метилпент-2-ен	Пент-1-ин
2.5	2-Метилпентан	Гекс-1-ен	3-Метилбут-1-ин
2.6	3-Метилпентан	2-Метилбут-2-ен	2,5-Диметилгекс-3-ин

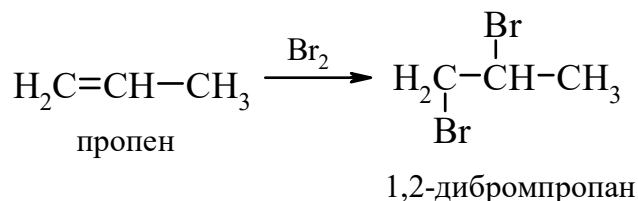
Номер варианта	Соединение А	Соединение Б	Соединение В
2.7	2,3-Диметилбутан	Стирол	Гепт-1-ин
2.8	2,2-Диметилпропан	2-Метилпент-2-ен	4,4-Диметилпент-1-ин
2.9	Толуол	3-Метилпент-1-ен	5-Метилгекс-1-ин
2.10	2,2-Диметилбутан	3-Метилпент-2-ен	Бут-2-ин
2.11	2,4-Диметилпентан	4-Метилпент-1-ен	3,3-Диметилбут-1-ин
2.12	3,3-Диметилпентан	Пропилен	4-Метилгекс-1-ин
2.13	2,2-Диметилпентан	Изобутилен	Пент-1-ин
2.14	Гексан	3,3-Диметилбут-1-ен	Изопропилацетилен
2.15	2,3-Диметилпентан	3-Метилбут-1-ен	Гекс-3-ин
2.16	2,2,3-Триметилбутан	2-Метилпент-1-ен	Бут-1-ин
3.17	2,2,3,3-Тетраметилбутан	3-Этилпент-2-ен	4-Метилпент-1-ин
2.18	3,3-Диэтилпентан	3-Метилбут-1-ен	3-Метилгекс-1-ин
2.19	2,2,4,4-Тетраметилпентан	Бут-2-ен	Гекс-1-ин
3.20	3,4-Диметилгексан	Пент-1-ен	Фенилацетилен

Образец оформления задания 2 на примере варианта 2.0

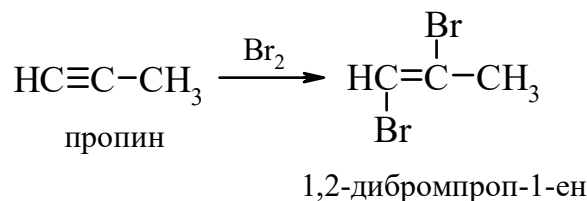
Соединение А – 2,5-диметилгексан – алкан, поэтому бромируется на свету:



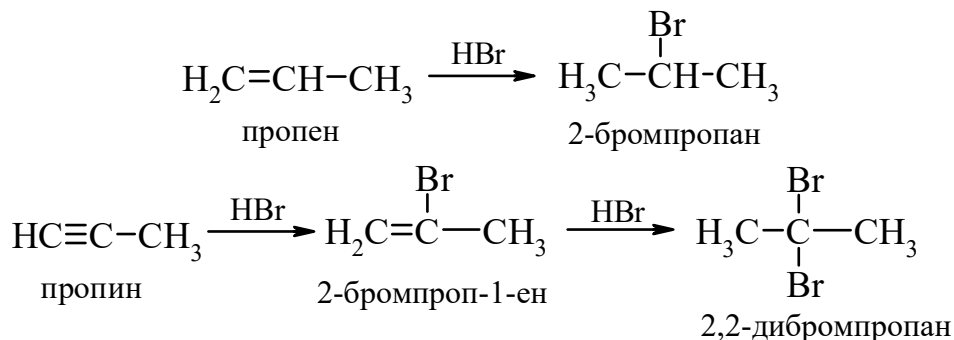
Соединение Б – пропен – алкен, поэтому реагирует с бромной водой:



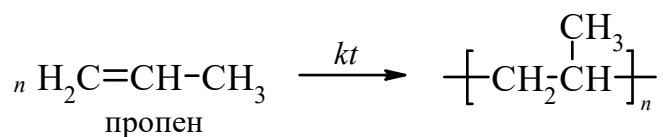
Соединение В – пропин – алкин, поэтому также реагирует с бромной водой:



С HBr будут реагировать ненасыщенные соединения – алкены и алкины, при этом присоединение по кратным связям будет происходить в соответствии с правилом Марковникова:



Уравнение полимеризации алкена:



Задание 3 (тема 5)

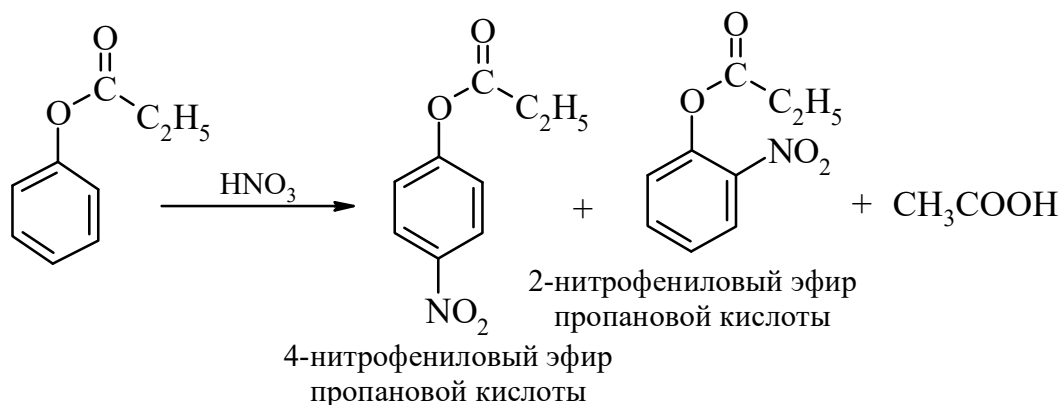
Для соединений А и Б приведите уравнения реакций, указанных в последнем столбце, по ароматическому кольцу. Укажите условия, необходимые для протекания этих реакций. Расположите бензол и соединения А и Б в ряд по увеличению скорости в реакциях электрофильного замещения.

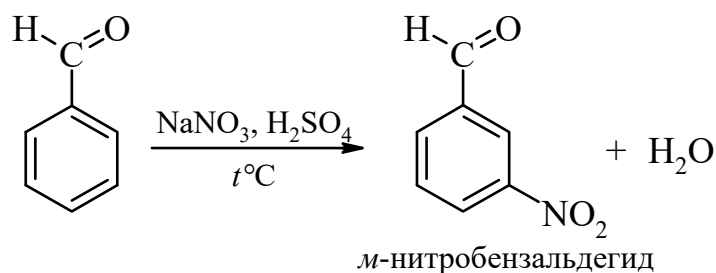
Индивидуальные варианты к заданию 3

Номер варианта	Соединение А	Соединение Б	Реакция
3.0	Фенилпропионат	Бензальдегид	Нитрование
3.1	Нитробензол	Метоксибензол	Бромирование
3.2	Бензойная кислота	Этилбензол	Нитрование
3.3	Толуол	Бензонитрил	Хлорирование
3.4	Бензотрихлорид	Ацетанилид	Сульфирование
3.5	Этоксibenзол	Бензолсульфокислота	Сульфирование
3.6	Бензальдегид	Хлорбензол	Нитрование
3.7	Бензотрибромид	Анилин	Бромирование
3.8	Бромбензол	Нитробензол	Нитрование
3.9	Пропилбензол	Сульфобензол	Сульфирование
3.10	Бензонитрил	Фенилацетат	Бромирование
3.11	Пропоксибензол	Метилфенилкетон	Нитрование
3.12	Метилбензоат	Кумол	Хлорирование
3.13	Бензальдегид	Фенол	Сульфирование
3.14	Анизол	Бензойная кислота	Бромирование
3.15	Бензотрихлорид	Метилбензол	Нитрование
3.16	N,N-Диметиланилин	Хлорбензол	Бромирование
3.17	Изопропилбензол	Бензотрифторид	Нитрование
3.18	N,N-Диэтиланилин	Бромбензол	Бромирование
3.19	Ацетофенон	Трет-бутилбензол	Сульфирование
3.20	Этилбензол	Этилбензоат	Хлорирование

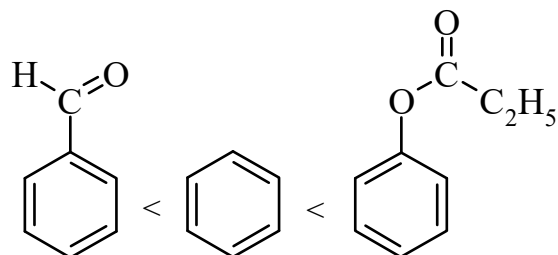
Образец оформления задания 3 на примере варианта 3.0

Уравнения реакций:





Ряд возрастания активности в реакциях электрофильного замещения:



Задание 4 (темы 6, 7)

Осуществите цепочку последовательных превращений соединения А под действием реагентов Б, В, Г по нижеприведенной схеме, назовите соединения, образующиеся на каждой стадии:

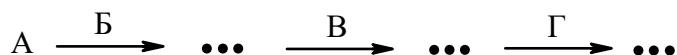


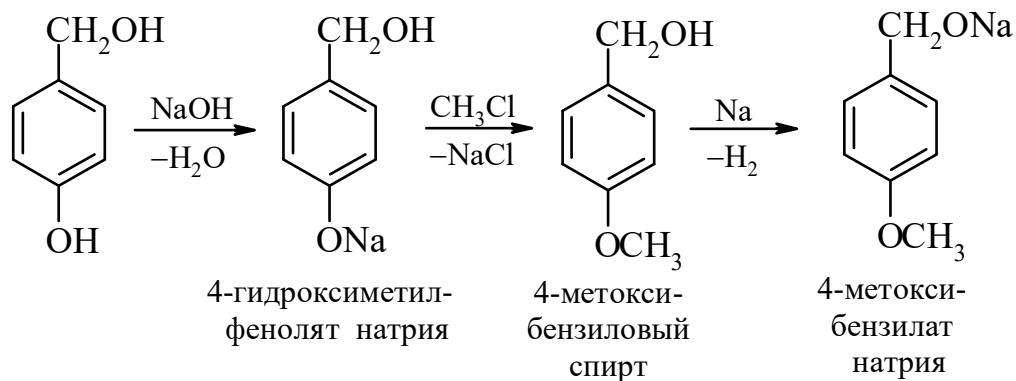
Таблица 8

Индивидуальные варианты к заданию 4

Номер варианта	А	Б	В	Г
4.0	4-Гидроксиметилфенол	NaOH	CH ₃ Cl	Na
4.1	4-Гидроксиметилфенол	HCl	NaOH	CH ₃ Cl
4.2	4-Хлор-1-хлорметилбензол	NaOH	H ₂ SO ₄ , $t < 5^\circ\text{C}$	$t > 150^\circ\text{C}$
4.3	Толуол	Cl ₂ , $h\nu$	NaOH (водн.)	Na
4.4	Фенол	Br ₂	NaOH	CH ₃ Cl
4.5	Этилбензол	Br ₂ , $h\nu$	NaOH (спирт.)	CH ₃ COOH
4.6	2-Гидроксиметилфенол	HBr	Br ₂	NaNO ₂
4.7	Фенол	NaOH	C ₆ H ₅ COCl	HNO ₃
4.8	Этилбензол	Br ₂ , $h\nu$	NaOH (спирт.)	BH ₃ , H ₂ O ₂
4.9	4-Гидроксиметилфенол	CH ₃ COOH, H ⁺	NaOH	(CH ₃ CO) ₂ O
4.10	Бензиловый спирт	HCl	C ₆ H ₅ ONa	Br ₂

Номер варианта	А	Б	В	Г
4.11	2-Гидроксиметилфенол	HBr	Br ₂	NaCN
4.12	Фенол	Br ₂ (изб.)	NaOH	CH ₃ Cl
4.13	Этилбензол	Br ₂ , <i>hν</i>	NaOH (спирт.)	KMnO ₄ , OH ⁻
4.14	4-Гидроксиметилфенол	NaOH	CH ₃ Cl	HCl
4.15	Пропан-1-ол	PCl ₅	C ₆ H ₅ ONa	H ₂ SO ₄ , <i>t</i> °C
4.16	Бензилхлорид	NaOH	H ₂ SO ₄ , <i>t</i> > 100°C	H ₂ SO ₄ , <i>t</i> < 5°C
4.17	Фенол	NaOH	CO ₂	CH ₃ Cl
4.18	4-Гидроксиметилфенол	Br ₂	NaOH	CH ₃ COC ₂ H ₅
4.19	Толуол	Cl ₂ , <i>hν</i>	NaOH	C ₆ H ₅ COOH, H ⁺
4.20	Фенол	NaOH	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	HNO ₃

Образец оформления задания 4 на примере варианта 4.0



Задание 5 (тема 8)

Получите соединение А окислением соответствующего спирта, назовите его. Для соединения А напишите уравнения реакций с реагентами Б, В, Г, назовите продукты реакций.

Таблица 9

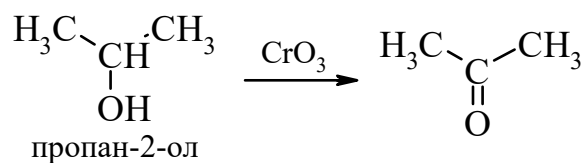
Индивидуальные варианты к заданию 5

Номер варианта	А	Б	В	Г
5.0	Пропанон	Br ₂ , NaOH	CH ₃ MgCl	NH ₂ OH
5.1	Пропаналь	Cu(OH) ₂ , OH ⁻	HCN, OH ⁻	CH ₃ OH, H ⁺
5.2	3-Метилпентан-2-он	CH ₃ CH ₂ CH ₂ MgCl	H ₂ NNH ₂	Zn/Hg, HCl
5.3	3-Метилбутаналь	CH ₃ CH ₂ OH, H ⁺	NaHSO ₃	Cu(OH) ₂ , OH ⁻

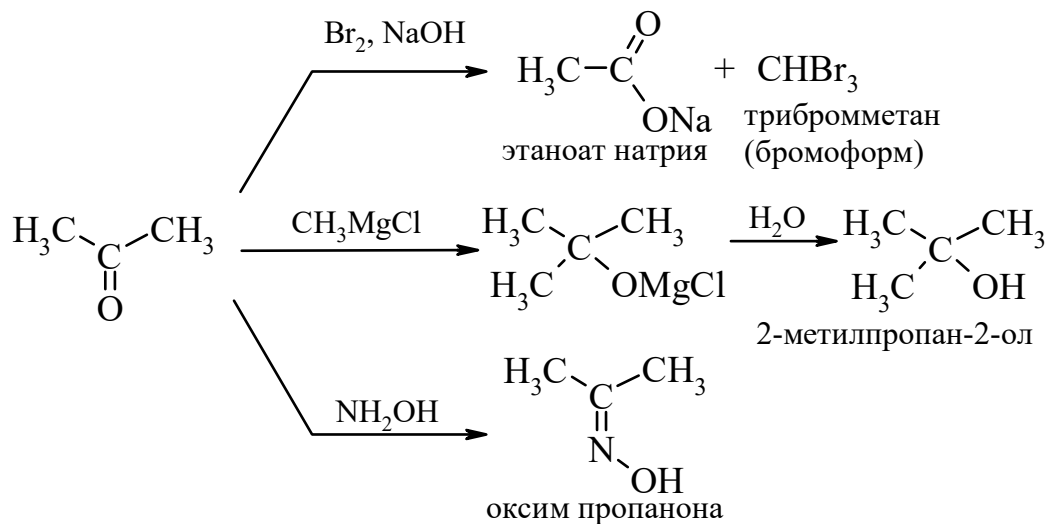
Номер варианта	А	Б	В	Г
5.4	Бутанон	Zn/Hg, HCl	NH ₂ OH	CH ₃ CH ₂ MgCl
5.5	Пентаналь	HCN, OH ⁻	NaBH ₄	H ₂ NNH ₂
5.6	Гексан-3-он	NaHSO ₃	Ag(NH ₃) ₂ OH	H ₂ NC ₆ H ₅
5.7	3-Метилпентаналь	Cu(OH) ₂ , OH ⁻	HCN, OH ⁻	(CH ₃) ₂ CHOH, H ⁺
5.8	3-Метилбутан-2-он	I ₂ , NaOH	H ₂ NNHC ₆ H ₅	NaHSO ₃
5.9	Этаналь	CH ₃ OH, H ⁺	Cu(OH) ₂ , OH ⁻	HCN, OH ⁻
5.10	Бензальдегид	CH ₃ MgCl	H ₂ NNH ₂	Zn/Hg, HCl
5.11	Пентан-2-он	H ₂ NNHC ₆ H ₅	NaBH ₄	Br ₂ , NaOH
5.12	2-Метилбутаналь	Cu(OH) ₂ , OH ⁻	CH ₃ CH ₂ OH, H ⁺	HCN, OH ⁻
5.13	4-Метилпентан-2-он	NH ₂ OH	Ag(NH ₃) ₂ OH	(CH ₃) ₂ CHOH, H ⁺
5.14	2-Метилгексаналь	NaHSO ₃	Zn/Hg, HCl	H ₂ NNH ₂
5.15	Бутаналь	CH ₃ OH, H ⁺	NaBH ₄	HCN, OH ⁻
5.16	2-Метилпентаналь	H ₂ NNH ₂	Cu(OH) ₂ , OH ⁻	CH ₃ CH ₂ CH ₂ MgCl
5.17	2-Метилпентан-3-он	Zn/Hg, HCl	CH ₃ CH ₂ OH, H ⁺	NH ₂ OH
5.18	Гексан-2-он	I ₂ , NaOH	HCN, OH ⁻	CH ₃ CH ₂ MgCl
5.19	4-Метилпентаналь	(CH ₃) ₂ CHOH, H ⁺	H ₂ NNH ₂	Cu(OH) ₂ , OH ⁻
5.20	Гексаналь	NaHSO ₃	Ag(NH ₃) ₂ OH	H ₂ NNHC ₆ H ₅

Образец оформления задания 5 на примере варианта 5.0

Реакция получения соединения А:



Уравнения реакций с реагентами Б, В, Г:



Задание 6 (тема 9)

Напишите формулу кислоты А и приведите уравнения реакций, которые позволяют получить ее функциональные производные Б, В, Г. Укажите условия и назовите продукты.

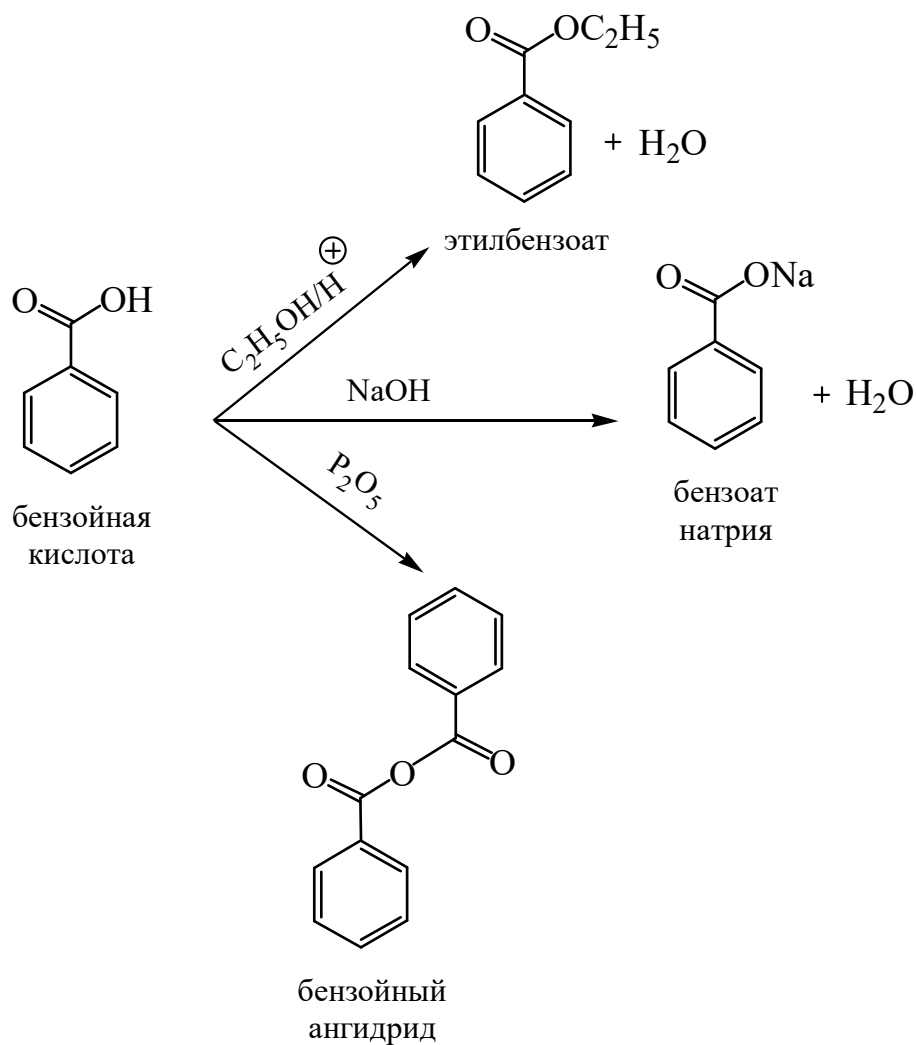
Таблица 10

Индивидуальные варианты к заданию 6

Номер варианта	Кислота А	Производное Б	Производное В	Производное Г
6.0	Бензойная кислота	Ангидрид	Соль	Сложный эфир
6.1	Пропионовая кислота	Сложный эфир	Амид	Хлорангидрид
6.2	Масляная кислота	Бромангидрид	Амид	Сложный эфир
6.3	Фталевая кислота	Ангидрид	Амид	Сложный эфир
6.4	Изомасляная кислота	Сложный эфир	Соль	Хлорангидрид
6.5	Валерьяновая кислота	Соль	Амид	Сложный эфир
6.6	<i>n</i> -Толуиловая кислота	Сложный эфир	Амид	Ангидрид
6.7	Бензойная кислота	Хлорангидрид	Амид	Нитрил
6.8	Капроновая кислота	Сложный эфир	Амид	Ангидрид
6.9	Уксусная кислота	Ангидрид	Соль	Сложный эфир
6.10	Муравьиная кислота	Амид	Соль	Сложный эфир
6.11	Уксусная кислота	Хлорангидрид	Амид	Нитрил
6.12	Изомасляная эфир	Амид	Нитрил	Ангидрид
6.13	Пропионовая кислота	Ангидрид	Нитрил	Сложный эфир
6.14	Пивалиновая кислота	Соль	Амид	Сложный эфир
6.15	Янтарная кислота	Ангидрид	Соль	Сложный эфир

Номер варианта	Кислота А	Производное Б	Производное В	Производное Г
6.16	Масляная кислота	Ангидрид	Соль	Сложный эфир
6.17	Фенилуксусная кислота	Амид	Хлорангидрид	Сложный эфир
6.18	Малоновая кислота	Соль	Сложный эфир	Амид
6.19	Коричная кислота	Соль	Амид	Сложный эфир
6.20	Уксусная кислота	Ангидрид	Соль	Сложный эфир

Образец оформления задания 6 на примере варианта 6.0



Задание 7 (подготовка к лабораторному практикуму)

Изучите назначение и технику перегонки жидких органических веществ (см. с. 59). Выполните в тетради рисунок прибора для перегонки (рис. 5), назовите требуемую для сборки прибора химическую посуду.

Дайте письменные ответы на следующие вопросы:

1. Каково назначение перегонки?
2. На чем основана перегонка как метод разделения жидких веществ?
3. Какие типы перегонки вам известны? Какие соединения можно перегонять при нормальном давлении?
4. Какова роль дефлегматора при ректификационной перегонке?

ЧАСТЬ 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

Выполнение лабораторного практикума по курсу «Органическая химия» студентами заочной формы обучения ограничивается сжатыми сроками, выделяемыми на него в период сессии. Поэтому, перед тем как приступить к экспериментальной работе, студентам требуется предварительная подготовка. В ходе этой подготовки необходимо усвоить теоретический материал и четко осознать суть химического эксперимента, который предстоит выполнить в лаборатории.

Задачей лабораторного практикума по органической химии является ознакомление с техникой экспериментальной работы в химической лаборатории, а также выработка навыков разделения и очистки органических соединений, определения их физико-химических характеристик и химических свойств. В опытах с применением выделенных фракций, принадлежащих к разным классам, доказывалась эффективность используемого приема разделения органических жидкостей, выявлялась связь между химическим строением веществ и их свойствами и убедительно обосновывалась возможность сделать вывод о строении вещества по этим свойствам.

Лабораторная работа РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Цель работы:

- освоить технику разделения смеси жидких органических соединений методом **фракционной перегонки**;
- исследовать физико-химические характеристики органических жидкостей;
- идентифицировать исследуемые вещества по их физическим константам;

- провести реакции, иллюстрирующие различие в химических свойствах насыщенных, ненасыщенных и ароматических углеводородов на основании различия в строении соединений указанных классов.

Посуда и оборудование: колба круглодонная одногорлая на 100 мл, дефлегматор ($h = 20$ см) с отводом, термометр (0–200°C), холодильник Либиха ($l = 40$ см), алонж, колбы конические (50 мл, 4 шт.), штатив с 6 пробирками, пробиркодержатель, металлическая ложка для сжигания, пипетки (2 шт.), колбонагреватель, стеклоткань.

Реагенты: смесь гексана и скипидара для перегонки (50–60 мл) или смесь гексана с одним из изомерных ксилолов (*o*-, *m*- или *n*-ксилол), вода дистиллированная, бромная вода, 1%-ный раствор перманганата калия, 10%-ный раствор соды, медная проволока, концентрированная серная кислота, концентрированная азотная кислота.

План выполнения лабораторной работы

1. Представить отчет по индивидуальной самостоятельной работе, ответить на контрольные вопросы и получить допуск к работе.
2. Ознакомиться с назначением химической посуды и техникой перегонки.
3. Осуществить фракционную перегонку смеси гексана и скипидара или смеси гексана с одним из изомеров ксилола. Построить кривую ректификации смеси, рассчитать выход процесса перегонки.
4. Определить физико-химические характеристики (температура кипения, относительная плотность, растворимость в воде) органических соединений и сравнить их с литературными данными.
5. Исследовать химические свойства гексана, скипидара и одного их изомеров ксилола, выделенных из жидких смесей органических соединений путем ректификационной перегонки.

Техника перегонки и химическая посуда

Перегонка (или дистилляция) является одним из способов разделения и очистки с целью получения химически чистых жидкостей путем частичного испарения более низкокипящей жидкости с последующей конденсацией образующегося пара. Она основана на различии в составе жидкой и паровой фаз, последняя из

которых всегда обогащена низкокипящим компонентом. В результате перегонки жидкая смесь разделяется на низкокипящий дистиллят и высококипящий остаток.

Различают три способа перегонки:

- при нормальном давлении;
- при пониженном давлении (или вакуум-перегонка);
- перегонка с водяным паром.

Более подробно эти способы перегонки описаны в практикуме [4].

Для разделения смеси органических жидкостей в настоящей лабораторной работе будет использована фракционная перегонка (ректификация) при нормальном давлении. Познакомимся более подробно с техникой выполнения фракционной перегонки и необходимым для этого оборудованием.

Перегонку при нормальном давлении можно проводить только при условии термической стабильности жидкости при температуре кипения. Ректификацию целесообразно использовать для разделения жидкостей с разницей в температурах кипения отдельных компонентов не более 80°C. В противном случае достаточно простой перегонки, которую осуществляют без дефлегматора. Роль дефлегматора при ректификации заключается в реализации многократного контакта между потоками жидкой и паровой фаз, движущихся противотоком. Нагретая исходная смесь веществ вступает в контакт с дистиллятом, из которого испаряется низкокипящий компонент, и этот процесс непрерывно осуществляется по всей высоте дефлегматора, обеспечивая выделение более чистых фракций.

Для осуществления перегонки собирают прибор (рис. 5).

Прибор состоит из круглодонной колбы для перегонки 1, елочного дефлегматора 2, выполняющего роль ректификационной колонки, насадки Вюрца (необходима, если дефлегматор не содержит бокового отвода для соединения с холодильником), термометра 3, нисходящего холодильника 4, алонжа 5 и приемников 6 (конические колбы). Температуры кипения низко- и высококипящей жидкостей должны находиться в диапазоне шкалы используемого термометра. Так, для перегонки смеси гексана ($T_{\text{кип}} = 68,7^\circ\text{C}$) и скипидара ($T_{\text{кип}} = 156\text{--}164^\circ\text{C}$) можно применять термометр с интервалом шкалы 0–200°C. Термометром с такой же шкалой можно пользоваться для фракционирования смеси гексана с одним из изомерных ксилолов (*o*-ксилол $T_{\text{кип}} = 144,4^\circ\text{C}$; *m*-ксилол $T_{\text{кип}} = 139,1^\circ\text{C}$; *n*-ксилол $T_{\text{кип}} = 138,3^\circ\text{C}$)

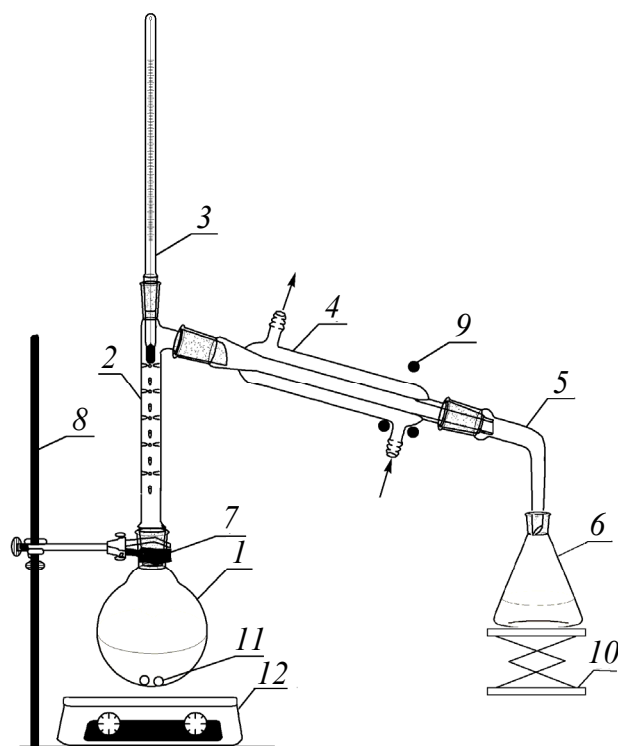


Рис. 5. Прибор для фракционной перегонки:

- 1 – колба круглодонная; 2 – дефлегматор с отводом; 3 – термометр;
 4 – холодильник Либиха; 5 – алонж; 6 – приемник; 7 – малая лапка;
 8 – штатив; 9 – большая лапка; 10 – предметный столик;
 11 – центры кипения; 12 – электроплитка или колбонагреватель

Сборку прибора начинают с укрепления колбы за ее горло малой лапкой 7 к штативу 8. Колбу для перегонки подбирают такой величины, чтобы перегоняемая жидкость заполняла ее не более чем на $\frac{2}{3}$ объема. Так, для перегонки 60 мл жидкости потребуются колба объемом 100 мл. Колбу соединяют с дефлегматором через плотно прилегающую резиновую пробку. К боковому отводу дефлегматора также через резиновую пробку присоединяется холодильник. При соединении отвода дефлегматора с холодильником необходимо, чтобы конец отводной трубки выступал из пробки в холодильник не менее чем на 2–3 см для предотвращения загрязнения дистиллята при его контакте с резиновой пробкой. В верхнее отверстие дефлегматора вводится термометр, вставленный в пробку. Ртутный шарик термометра должен находиться примерно на 0,5–1 см ниже отверстия отводной трубки. В этом случае он хорошо омывается парами перегоняемой жидкости и более точно отражает ее температуру.

Если перегоняемая жидкость кипит не выше 120–140°C, то для конденсации паров применяется холодильник с проточным водяным охлаждением. Это холодильник Либиха, который фиксируется большой лапкой 9. Вода подается через нижний отросток холодильника, соединенный шлангом с водопроводным краном, и отводится через верхний отросток по шлангу в раковину (как указано на рис. 5). При перегонке жидкостей, кипящих выше 140°C, рекомендуется использовать в качестве охлаждения непроточную воду (т. е. воду, оставшуюся в холодильнике после прекращения ее подачи) или применять воздушный холодильник. Холодильник соединяют с приемником с помощью алонжа, позволяющего направлять стекающую жидкость в приемник. Кончик алонжа погружают в горло приемника на глубину 1–2 см, регулируя высоту расположения последнего с помощью предметного столика 10.

Чтобы жидкость кипела равномерно, в колбу помещают кусочки неглазурированного фарфора – центры кипения 11. Для нагрева используется колбонагреватель или электроплитка с закрытой спиралью 12. Между круглодонной колбой и поверхностью нагревательного прибора должен оставаться зазор в 1–1,5 см.

Скорость перегонки определяется по скорости поступления жидкости в приемник (не более 1–2 капель в секунду).

При перегонке индивидуального вещества его температура кипения остается постоянной в течение всей перегонки. При перегонке смеси двух веществ со значительной разницей в температурах кипения вначале отгоняется жидкость, имеющая более низкую температуру кипения (гексан). Возрастание температуры кипения означает, что начинает перегоняться другая жидкость с более высокой температурой кипения (скипидар). В процессе перегонки второй жидкости также устанавливается постоянная температура.

Перед допуском к работе необходимо выполнить задание 7 индивидуальной самостоятельной работы, пройти инструктаж по технике безопасности при работе в химической лаборатории, детально ознакомиться с техникой перегонки и химической посудой, усвоить цель работы и план ее выполнения.

Оформлять отчет о лабораторной работе следует в лабораторном журнале, отражая в нем все этапы работы, расчеты и наблюдения. Результаты химических реакций исследуемых соединений рекомендуется оформить в виде таблицы, образец которой приведен на с. 68 (табл. 14).

Вопрос к допуску

Какую химическую посуду (название и объем колбы для перегонки, термометр с требуемым диапазоном шкалы, тип холодильника: воздушный или водяной, количество и объем приемников и др.) следует использовать для осуществления перегонки при нормальном давлении перечисленных ниже веществ (табл. 11)?

Таблица 11

Перечень веществ для перегонки при нормальном давлении

Вариант задания	Название вещества	Количество вещества, мл	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
1	Гептан	50	98
2	Бутан-1-ол	120	116
3	Бензол	300	80
4	Пропан-2-ол	130	83
5	Уксусная кислота	125	118
6	Пропанон	80	56
7	Метилбензол	500	110
8	Бромбензол	20	157
9	Гексан-3-ол	80	135
10	Йодбензол	15	188
11	2-Бромтолуол	60	181
12	1-Хлорпентан	230	108
13	Бензиловый спирт	75	205
14	Циклогексанон	900	155
15	Тетрахлорметан	400	77

Ход выполнения работы

1. Подготовка эксперимента

Для выполнения фракционной перегонки студенты получают смесь гексана и скипидара (*вариант I*) или гексана и ксилола (одного из изомеров) (*вариант II*).

Взвешивают колбу со смесью веществ $m_{\text{общ}}$, затем жидкость переносят в мерный цилиндр на 100 мл, пустую колбу взвешивают еще раз ($m_{\text{колбы}}$) и по разности определяют массу смеси $m_{\text{смеси}}$ в граммах, выданную для перегонки:

$$m_{\text{смеси}} = m_{\text{общ}} - m_{\text{колбы}}.$$

С помощью мерного цилиндра определяют объем смеси $V_{\text{смеси}}$ в миллилитрах и сопоставляют значение объема и массы, делая вывод относительно плотности смеси.

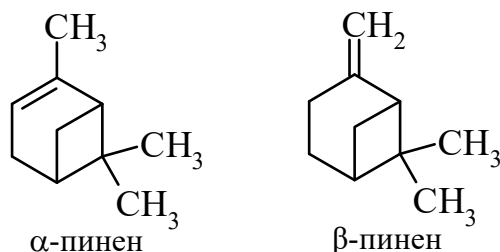
Из мерного цилиндра смесь органических веществ переливают, используя химическую воронку, в круглодонную колбу для последующей перегонки.

1.1. Характеристика перегоняемых веществ

Основные физико-химические константы перегоняемых веществ приведены в табл. 12.

Гексан является алканом с нормальным углеродным скелетом и формулой C_6H_{14} . Это бесцветная жидкость со слабым запахом. Ввиду низкого октанового числа (25) гексан является нежелательной составной частью синтетического бензина. Применяется при экстрагировании растительных масел и как органический растворитель. Относится к легковоспламеняющимся жидкостям.

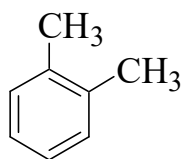
Скипидар представляет собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость с характерным сосновым запахом. По химическому составу это сложная смесь углеводородов преимущественно терпенового ряда. Живичный скипидар получают отгонкой летучей части живицы при производстве канифоли. Он содержит в качестве основных компонентов до 95% смеси α -пинена и β -пинена: α -пинен – 2,6,6-триметилбицикло[3.1.1]гепт-2-ен и β -пинен – 2-метилен-6,6-диметилбицикло[3.1.1]гептан – которые относятся к ненасыщенным циклическим углеводородам:



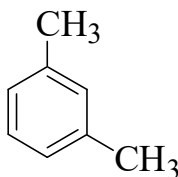
Скипидар и реже α и β -пинены применяются как растворители лаков и красок, сырье для получения соснового масла, поли-терпеновых смол и душистых веществ. Скипидар пожароопасен.

Диметилбензолы, или **ксилолы** (от др.-греч. ξύλον – дерево) – углеводороды ароматического ряда, состоящие из бензольного кольца и двух метильных групп. Химическая формула – $(CH_3)_2C_6H_4$. Ксилолы получают при коксовании угля или из нефти путем каталитического риформинга прямогонной бензиновой фракции.

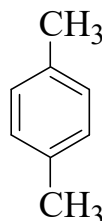
Существует три изомера: **о-ксилол** (1,2-диметилбензол), **м-ксилол** (1,3-диметилбензол) и **п-ксилол** (1,4-диметилбензол), различающиеся относительным расположением метильных групп в ароматическом ядре:



о-ксилол



м-ксилол



п-ксилол

Применяются главным образом в качестве растворителей и как сырье для органического синтеза.

Таблица 12

Физико-химические характеристики компонентов смеси

Название соединения	Молекулярная масса	Температура кипения, °С	Показатель преломления	Плотность, г/см ³
Гексан	86,2	68,7	1,3749	0,6594
α-Пинен	136,2	156,2	1,4658	0,8582
β-Пинен	136,2	164,0	1,4762	0,8694
о-Ксилол	106,2	144,4	1,5054	0,8802
м-Ксилол	106,2	139,1	1,4972	0,8642
п-Ксилол	106,2	138,3	1,4958	0,8611

1.2. Сборка прибора

Собирают прибор для фракционной перегонки, изображенный на рис. 5 (обязательно поместите центры кипения в перегоняемую жидкость!).

Для сбора перегоняемых фракций потребуются четыре конические колбы (приемники), которые необходимо предварительно пронумеровать (№ 1–4), взвесить и результаты внести в табл. 13.

Таблица 13

Экспериментальные результаты перегонки

Фракция	Температурный интервал, °С	Масса пустого приемника, г	Масса приемника с веществом, г	Масса вещества, г
Предгон (колба № 1)				$m_{\text{предгон}} =$
Фракция I (колба № 2)				$m_I =$

Фракция	Температурный интервал, °С	Масса пустого приемника, г	Масса приемника с веществом, г	Масса вещества, г
Промежуточная фракция (колба № 3)				$m_{\text{пр. ф}} =$
Фракция II (колба № 4)				$m_{\text{II}} =$

Перед началом перегонки необходимо проверить правильность сборки прибора и получить разрешение на начало работы у преподавателя!

2. Выполнение эксперимента

2.1. Осуществление перегонки смеси гексана и скипидара

Подключают воду к холодильнику и включают нагрев.

Предгон собирают в колбу № 1 до температуры 65°C, после чего меняют приемник и собирают фракцию I в температурном интервале 65–72°C (колба № 2). После отгонки гексана может произойти незначительное падение температуры до 65–67°C. Затем заменяют приемник на новый (колба № 3) для сбора промежуточной фракции. Для дальнейшего подъема температуры укрывают колбу с перегоняемым веществом стеклотканью и при достижении температуры 120°C перекрывают воду в холодильнике. Собирают промежуточную фракцию в колбу № 3 до температуры, которая на 2°C ниже температуры кипения высокотемпературной фракции. Заменяют приемник на колбу № 4 для сбора фракции II, которая отгоняется при температуре 155–160°C в случае скипидара или при температуре 136–145°C в случае ксилолов.

Перегонку прекращают, когда в круглодонной колбе остается не менее 2–3 мл жидкости. Категорически запрещается проводить перегонку досуха (возможен взрыв!).

Завершают перегонку, сначала *отключая и убирая нагрев*. Колбу № 4 (фракция II) убирают от алонжа только после того, как жидкость прекращает поступать из холодильника в алонж.

Взвешивают приемники с полученными фракциями № 1–4 и определяют массу каждой фракции по разности масс заполненного и пустого приемников. Полученные данные заносят в табл. 13.

2.2. Графическое оформление результатов перегонки

Ход процесса ректификации наглядно можно представить графически (рис. 6). На оси абсцисс откладывается количество жидкости, взятой для перегонки ($m_{\text{смеси}}$, г), на оси ординат – температура перегонки (интервал 20–165°C). Полученная кривая для двухкомпонентной смеси имеет два плато, температуры которых соответствуют температурам кипения чистых компонентов, а их проекции на ось абсцисс ab и cd – массе отобранных при этих температурах фракций. Начальная фракция до установления постоянной температуры кипения легкокипящего компонента является предгоном, а промежуточная фракция bc – смесью, содержащей оба компонента. Чем меньше предгон и промежуточная фракция, тем выше качество перегонки и выход чистых фракций.

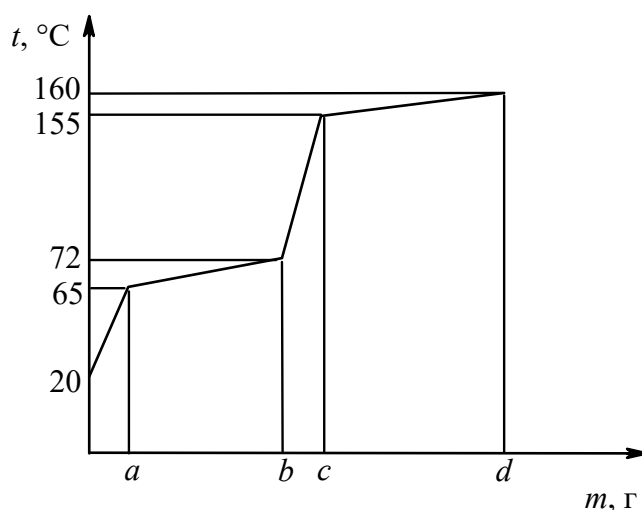


Рис. 6. Пример кривой ректификации двухкомпонентной смеси

С использованием экспериментальных температурных интервалов и масс всех фракций (табл. 13) строят кривую перегонки по аналогии с рис. 3.

3. Расчет выхода перегонки

Рассчитывают выход η по формулам:

$$\eta_I = m_I / m_{\text{смеси}} \cdot 100\% \text{ – выход первой фракции;}$$

$$\eta_{II} = m_{II} / m_{\text{смеси}} \cdot 100\% \text{ – выход второй фракции;}$$

$$\eta_{\text{общ}} = (m_I + m_{II}) / m_{\text{смеси}} \cdot 100\% \text{ – общий выход процесса перегонки.}$$

Оцените выход осуществленной перегонки. Если выход $\eta_{\text{общ}}$ находится в интервале 50–70%, то его можно считать удовлетворительным.

4. Исследование химических свойств гексана, скипидара и изомерных ксилолов

Исследуют химические свойства алканов, алкенов и ароматических углеводородов на примере гексана (фракция I, колба № 2, варианты I, II), скипидара (фракция II, колба № 4, вариант I) или изомерных ксилолов (фракция II, колба № 4, вариант II), выполняя опыты, описанные в табл. 4.

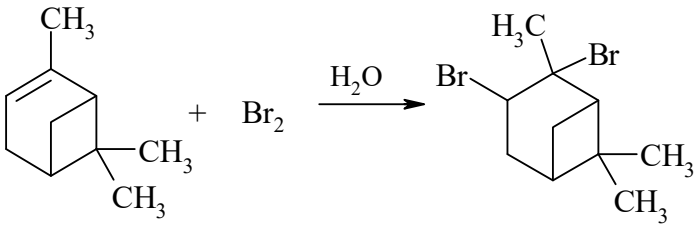
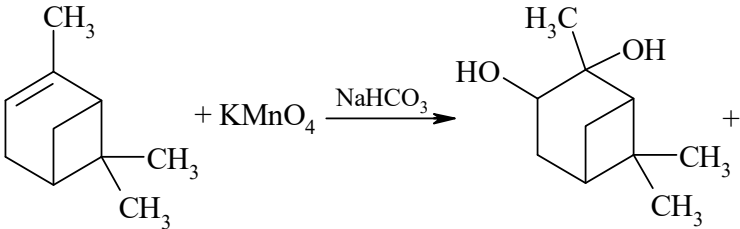
Наблюдаемые результаты опытов, уравнения реакций и выводы заносят в табл. 14, которую частично оформляют в рабочем журнале при подготовке к выполнению лабораторной работы. В таблицу в первую колонку при самоподготовке вносят названия опытов, формулы исследуемых веществ и уравнения реакций. Методики выполнения опытов можно не переписывать.

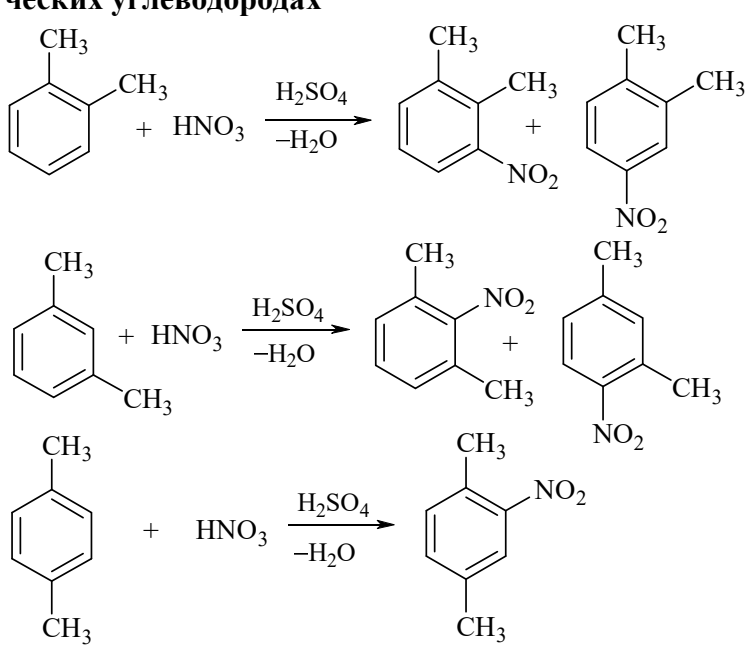
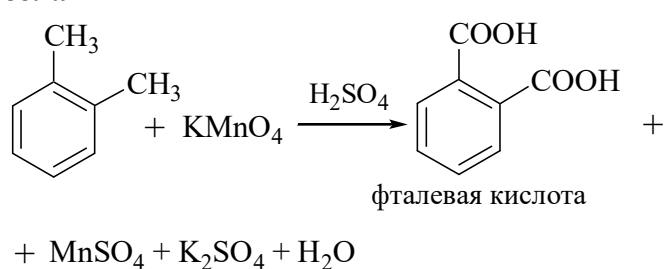
Для выполнения опытов используют штатив с пробирками. Опыты 1–7 выполняют в строгом соответствии с методиками, приведенными в таблице после уравнений реакций. Наблюдаемые визуальные изменения записывают в таблицу во вторую колонку, а выводы, касающиеся свойств изучаемых соединений и использования проводимых реакций, вносят в третью колонку.

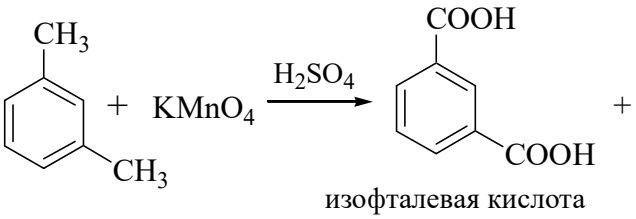
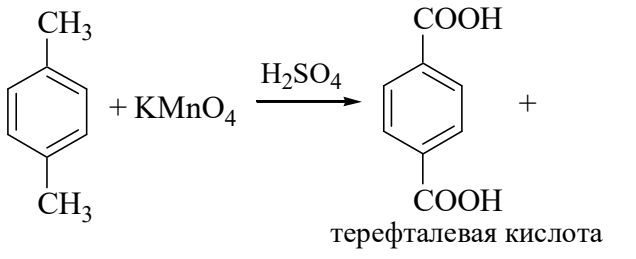
Таблица 14

Изучение химических свойств углеводородов

Физические свойства, уравнения реакций. Порядок выполнения эксперимента	Наблюдаемый результат	Вывод
Опыт 1. Определение относительной плотности и растворимости в воде Гексан $d_4^{20} = 0,6603$ – колба № 2 Скипидар $d_4^{20} = 0,855–0,863$ – колба № 4 (вариант I) <i>o</i> -Ксилол $d_4^{20} = 0,8802$ – колба № 4 (вариант II) <i>m</i> -Ксилол $d_4^{20} = 0,642$ – колба № 4 (вариант II) <i>n</i> -Ксилол $d_4^{20} = 0,8611$ – колба № 4 (вариант II) В одну пробирку помещают 0,5 мл гексана из колбы № 2, в другую – такой же объем скипидара из колбы № 4 (вариант I), в третью – такой же объем изомера ксилола из колбы № 4 (вариант II) и добавляют по 1 мл воды. Пробирки встряхивают и фиксируют расслоение фаз. Делают вывод об относительной плотности и растворимости в воде исследуемых веществ. Пробирки помечают и оставляют для опыта 3		

Физические свойства, уравнения реакций. Порядок выполнения эксперимента	Наблюдаемый результат	Вывод
Опыт 2. Проба на свечение пламени $C_6H_{14} + 9,5O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 7H_2O$ $C_{10}H_{16} + 14O_2 \longrightarrow 10CO_2 + 8H_2O$ $C_8H_{10} + 10,5O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 5H_2O$ В три металлические ложечки помещают по 3–4 капли исследуемых вещества из колб № 2 и 4. Поджигают смесь и отмечают характер горения, цвет пламени и образование копоти		
Опыт 3. Качественная реакция на кратную связь с бромной водой $C_6H_{14} + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$ не реагирует  $C_8H_{10} + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$ не реагирует В три пробирки, оставшиеся после опыта 1, добавляют 8–10 капель бромной воды и сильно встряхивают. Отмечают изменение окраски слоев. Пробирку, в которой произошло обесцвечивание бромной воды, оставляют для опыта 7		
Опыт 4. Окисление кратной связи по Вагнеру – качественная реакция на кратную связь $C_6H_{14} + KMnO_4 \xrightarrow{NaHCO_3}$ не реагирует  + $MnO_2 \downarrow + KOH$ $C_8H_{10} + KMnO_4 \xrightarrow{NaHCO_3}$ не реагирует		

Физические свойства, уравнения реакций. Порядок выполнения эксперимента	Наблюдаемый результат	Вывод
В три пробирки помещают по 1 мл воды, 2–3 капли 10%-ного раствора гидрокарбоната натрия, 1 каплю 1%-ного раствора перманганата калия и добавляют по 3–5 капель жидкостей из колб № 2 и 4. Пробирки встряхивают и сравнивают окраску растворов. Опыт 5. Открытие бензольного кольца в ароматических углеводородах  В сухую пробирку помещают 6 капель концентрированной серной кислоты и 4 капли концентрированной азотной кислоты, затем добавляют 4 капли изомерного ксилола из колбы № 4 (вариант II). Содержимое пробирки осторожно нагревают на пламени горелки, постоянно перемешивая смесь. После охлаждения реакционной смеси к ней приливают 5–7 мл воды, наблюдая образование маслянистого осадка.		
Опыт 6. Открытие боковых цепей гомологов бензола  фталевая кислота + $\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$		

Физические свойства, уравнения реакций. Порядок выполнения эксперимента	Наблюдаемый результат	Вывод
 изофталевая кислота + MnSO₄ + K₂SO₄ + H₂O  терефталевая кислота + MnSO₄ + K₂SO₄ + H₂O В пробирку помещают 1 каплю 1%-ного раствора калия перманганата, 5 капель воды, 1 каплю 5%-ного раствора серной кислоты и 2 капли изомерного ксилола из колбы № 4 (вариант II). Содержимое пробирки энергично встряхивают и нагревают на пламени горелки. Наблюдают обесцвечивание розово-фиолетовой окраски раствора.		
Опыт 7. Обнаружение галогена в продукте реакции с бромной водой (проба Бейльштейна) $C_{10}H_{16}Br_2 + Cu \xrightarrow[-CO_2, -H_2O]{t^{\circ}C} CuBr \xrightarrow[-HBr]{t^{\circ}C} Cu \cdot + \cdot Br \xrightarrow[-HBr]{H_2O} CuOH$ Этот опыт подтверждает наличие галогена в продуктах реакции пиненов с бромом. Закрепленную в держателе медную проволоку прокалывают в пламени горелки до красного каления и образования на поверхности черного оксида меди (II). Погружают проволоку в реакционную смесь из опыта 3, которая обесцветилась после добавления бромной воды, и снова вносят в пламя. Отмечают изменение окраски пламени.		

Заключение

1. В результате работы показано, что смесь углеводородов можно разделить путем ректификационной перегонки. Результаты перегонки представлены в виде графика, оценен выход фракций и общий выход перегонки.

2. Исследованы химические свойства алканов, алкенов и ароматических углеводородов на примере гексана, фракций скипидара, изомерных ксилолов. На основании выполненных опытов проведен сравнительный анализ реакционной способности насыщенных, ненасыщенных и ароматических углеводородов. Показано, что ненасыщенные углеводороды обладают более высокой реакционной способностью по сравнению с алканами и аренами, проведенные реакции можно использовать как качественные для выявления кратной связи, бензольного кольца и боковой цепи гомологов бензола при анализе органических соединений.

Задание для защиты

Напишите формулы названных соединений (табл. 15). К какому классу органических соединений они относятся? Выберите из них вещество, обесцвечивающее бромную воду. Запишите уравнение реакции.

Таблица 15

Варианты заданий к защите

Номер варианта	Соединение 1	Соединение 2
1	2-Метилбутан	Бут-1-ен
2	Пентан	2-Метилпент-2-ен
3	2-Метилпропан	2-Метилпропен
4	Циклогексан	Циклогексен
5	Ацетилен	Октан
6	Бута-1,3-диен	Гептан
7	2,3-Диметилбутан	Бут-2-ен
8	2-Метилпент-1-ен	2,2-Диметилбутан
9	3-Метилпентан	2-Метилбут-2-ен
10	2-Метилгекс-2-ен	2,3-Диметилпентан
11	Метилбензол	3-Метилпент-1ен
12	1,2-Диметилбензол	Гекс-1-ен
13	1,3-Диметилбензол	2,3-Диметилбут-2ен
14	1,4-Диметилбензол	Бут-2-ен
15	Пент-2-ен	Метилбензол

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лашкина, Е. В. Органическая химия. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов вузов / Е. В. Лашкина. – Гомель: БелГУТ, 2020. – 109 с.
2. Нестерова, С. В. Органическая химия и высокомолекулярные соединения. Раздел «Органическая химия» [Электронный ресурс]: тексты лекций для студентов специальности 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств» / С. В. Нестерова. – Минск: БГТУ, 2017. – 181 с. – Режим доступа: <https://dist.belstu.by/course/view.php?id=895>.
3. Грандберг, И. И. Органическая химия / И. И. Грандберг. – М.: Высшая школа, 2004. – 672 с.
4. Практыкум па арганічнай хіміі: вучэб. дапаможнік для студэнтаў хіміка-тэхналагічных спецыяльнасцяў / Я. Г. Міляшкевіч, В. Я. Тоўкач, С. Г. Міхалёнак, Я. М. Каток; пад рэд. Я. Г. Міляшкевіча. – Мінск: БДТУ, 2005. – 250 с.
5. Потапов, В. М. Органическая химия / В. М. Потапов, С. Н. Татари́чик. – М.: Химия, 1989. – 448 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Часть 1. Номенклатура органических веществ.....	5
Часть 2. Химические свойства и применение основных классов органических соединений	13
Часть 3. Программа дисциплины, контрольные тесты и индивидуальные задания	23
Теоретические представления в органической химии	23
Индивидуальная работа	45
Часть 4. Методические указания к лабораторному практикуму.....	58
Список рекомендуемой литературы.....	73

Учебное издание

Михалёнок Сергей Георгиевич
Нестерова Светлана Владимировна
Кузьменок Нина Михайловна

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *О. А. Солодкевич*
Дизайн обложки *Д. А. Полешова*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 27.06.2025. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 4,3. Уч.-изд. л. 4,5.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.