

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**



ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Ташкент – 2020

Сост. Ихтиярова Г.А., Турдалиева Ш.И., Абзалова З.Ж.
Органическая химия. Методическое пособие – Т.: ТашГТУ, 2020.

В методическом пособии приведены расчёты некоторых органических превращений, а также процессы проведения лабораторных работ, которые необходимо знать для закрепления знаний, полученных на лекционных занятиях.

Предложена система заданий, разнообразных по форме, содержанию и степени сложности.

В нем также представлены краткие теоретические данные о протекании процессов, основные формулы для выполнения расчётов, порядок расчёта.

Методическое пособие предназначено для студентов по направлению образования, “5320100 – Материаловедение и технология новых материалов (машиностроение)”.

Печатается по решению научно-методического совета ТашГТУ

Рецензенты:

доктор философии по химическим наукам (PhD) Алиева М.Т.
доктор философии по техническим наукам (PhD)
Маматалиев А.А.

ВВЕДЕНИЕ

Органическая химия играет большую роль в подготовке техников–технологов. Химия является производительной силой нашего общества. Без применения достижений химии невозможно развитие современной переработки природных источников. Химия изучает материальный мир, законы его развития, химическую форму движения материи. Знание химии позволяет получить научное представление о веществе, как одном из видов движущейся материи, механизме превращений химических соединений. Понимание химических законов помогает специалисту в решении экологических проблем. Знание химии необходимо для последующего успешного изучения специальных дисциплин химического направления.

Данное методическое пособие включает 9 практических занятий и 9 лабораторных работ с учетом учебной нагрузки по дисциплине «Органическая химия».

В практических занятиях изучаются строение каждого класса органических соединений, изомерия данного гомологического ряда, явление изомерии, явление гомологии, правила составления названий органических соединений по правилам ИЮПАК, основные физические и химические свойства каждого класса органических соединений, реакционная способность функциональных групп, благодаря которой реализуется возможность перехода от одного класса органических соединений к другому. На занятиях также составляются химические уравнения. Все основные химические уравнения записываются кратко с указанием основных условий (температура, давление, растворитель, катализатор). Для всех изучаемых классов органических соединений пишутся структурные формулы. Решаются задачи на превращение органических соединений, на установление строения органических соединений.

Лабораторные работы выполняются в химической лаборатории, оборудованной для химических экспериментов. Каждая лабораторная работа рассчитана на то, чтобы студенты смогли пронаблюдать определенные химические явления и получить экспериментальные данные, необходимые для подробного обсуждения по изучаемой теме.

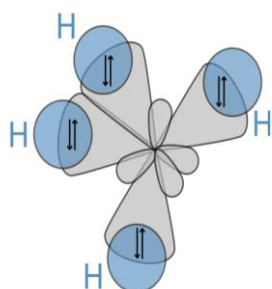
Практическое занятие №1

Гибридизация. Основные классы органических соединений.

Алканы

Теоретическое обоснование.

Гибридизация орбиталей – гипотетический процесс смешения разных (s, p, d, f) орбиталей центрального атома многоатомной молекулы с возникновением одинаковых орбиталей, эквивалентных по своим характеристикам.



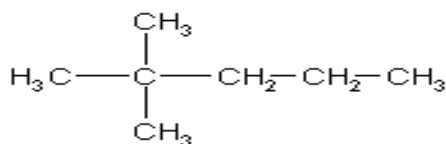
Модель молекулы метана, образованной sp^3 -гибридными орбиталями углерода и s -орбиталями водорода.

Наиболее простыми органическими соединениями являются предельные углеводороды или алканы. В соответствии с названием, их молекулы состоят из атомов углерода, образующих скелет, и атомов водорода. Углеродный скелет представляет собой открытую линейную или разветвленную цепь. Алканы образуют гомологический ряд, и формула любого члена этого ряда имеет вид C_nH_{2n+2} .

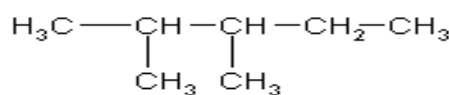
Примеры решения задач.

Задача 1. Напишите структурные формулы всех алканов с пятью атомами углерода в главной цепи, плотность паров которых по водороду равна 50. Назовите их по систематической номенклатуре.

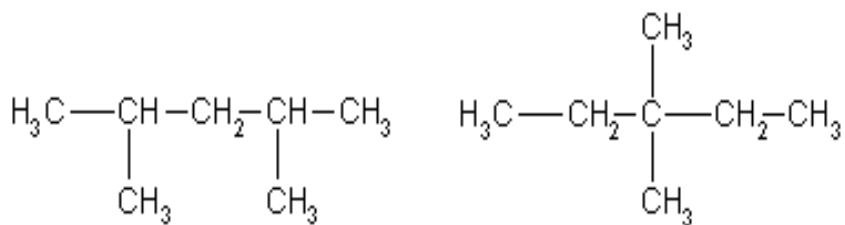
Решение. Молярная масса алканов равна: $M(C_nH_{2n+2}) = 2 \cdot 50 = 100$ г/моль, откуда $n = 7$. Из 7 атомов углерода 5 составляют главную цепь, а два входят в состав заместителей: двух групп $-CH_3$ или одной группы $-C_2H_5$. Две группы $-CH_3$ могут находиться в следующих положениях при главной цепи: 2,2-; 2,3-; 2,4-; 3,3-.



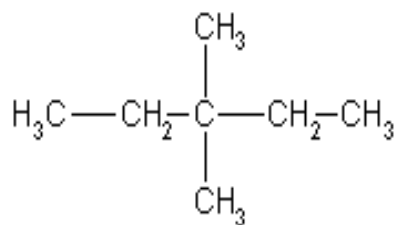
2,2-диметилпентан



2,3-диметилпентан

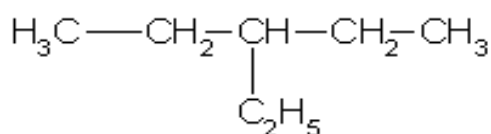


2,4-диметилпентан



3,3-диметилпентан

Одна группа $-\text{C}_2\text{H}_5$ может находиться только в положении 3. В противном случае она войдет в состав главной цепи, и длина последней будет превышать пять атомов углерода:



3-этилпентан

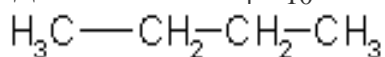
Ответ. 5 изомеров состава C_7H_{16} .

Задача 2. Углеводород имеет элементный состав: 82,76% углерода и 17,24% водорода (по массе). При хлорировании (радикальном) углеводород образует два изомерных монохлорида - первичный и третичный. Определите строение исходного углеводорода.

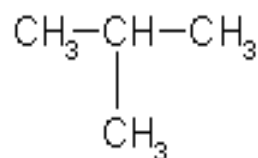
Решение. Формула углеводорода - C_xH_y ($M = 12x + y$). Массовая доля водорода в одном моле этого вещества равна:

$$(H) = y / (12x + y) = 0,1724$$

откуда $y = 2,5x$. Это означает, что простейшая формула углеводорода C_2H_6 . Ей соответствует истинная формула C_4H_{10} . Существует два углеводорода состава C_4H_{10} :

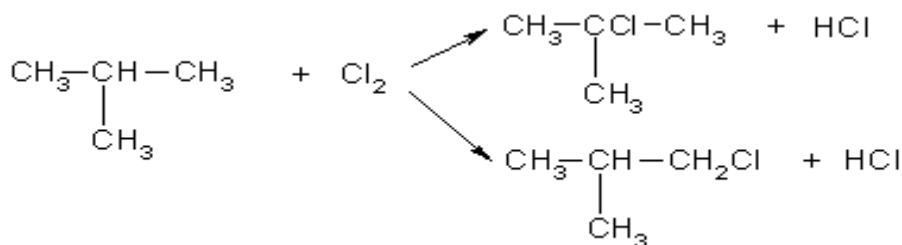


Бутан



2-метилпропан

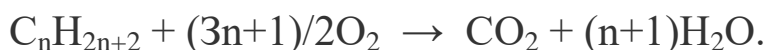
Третичные атомы углерода есть только в одном из этих двух изомеров, в 2-метилпропане, поэтому только 2-метилпропан при хлорировании может образовать третичный алкилхлорид:



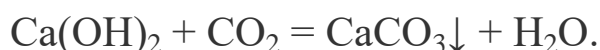
Ответ. 2-метилпропан.

Задача 3. Газ, образующийся при полном сгорании 0,1 моль предельного углеводорода, пропустили через избыток известковой воды, при этом выпало 60г осадка. Определите молекулярную формулу и строение предельного углеводорода, если известно, что он содержит один четвертичный атом углерода.

Решение. При сгорании одного моля углеводорода, содержащего n атомов углерода, образуется n моль CO_2 :

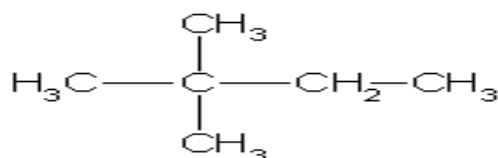


При пропускании CO_2 через известковую воду образуется карбонат кальция:



$\nu(\text{CaCO}_3) = 60/100 = 0,6$ моль = $\nu(\text{CO}_2)$. При сгорании 0,1 моль $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ выделилось 0,6 моль CO_2 , следовательно, $n = 6$. Молекулярная формула углеводорода - C_6H_{14} .

Из пяти углеводородов состава C_6H_{14} четвертичный атом углерода есть только в 2,2-диметилбутане:



Ответ. C_6H_{14} - 2,2-диметилбутан.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. При прокаливании смеси массой 49г, состоящей из ацетата калия и избытка гидроксида калия, выделился газ, прореагировавший при освещении с парами брома. В результате последней реакции образовалось 25,3 г трибромметана. Выход трибромметана составил 50% от теоретического. Найдите массовые доли веществ в исходной смеси.

Ответ. 40% CH_3COOK , 60% KOH

Задача 2. При пропускании 11,2 л смеси метана, оксида углерода (IV) и оксида углерода (II) через раствор гидроксида натрия, взятый в избытке, объем исходной смеси уменьшился на 4,48 л (н.у.). Для полного сгорания оставшейся смеси потребовалось 6,72 л (н.у.) кислорода. Определите состав исходной смеси (в % по объему).
 Ответ. 20% CH₄, 40% CO, 40% CO₂

Задача 3. Даны вещества: циклобутан, ацетилен, гептан, бутен-1, бутин-2, циклогексан, 2,2,3-триметилбутан, бутадиен. Выберите среди них а) три пары изомеров, б) две пары гомологов.

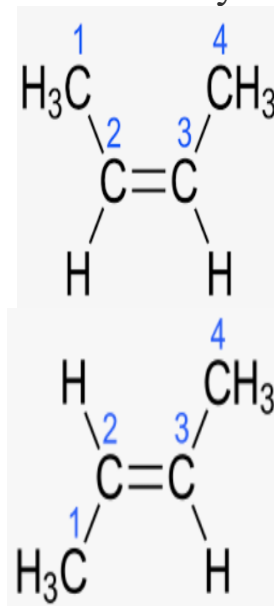
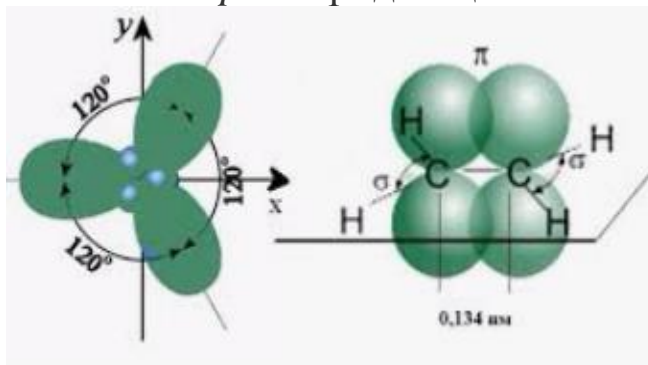
Контрольные вопросы:

1. Какая связь называется δ-связью? Каковы особенности связей Н – С?
2. Почему для метана характерны реакции замещения?
3. Какие химические реакции свойственны предельным углеводородам?

Практическое занятие №2 Алкены. Циклоалканы

Теоретическое обоснование.

Алкены (олефины, этиленовые углеводороды) – ациклические непредельные углеводороды, содержащие одну водородную связь между атомами углерода, образующие гомологический ряд с общей формулой C_nH_{2n}. Атомы углерода при двойной связи находятся в состоянии sp² гибридизации и имеют валентный угол 120°.



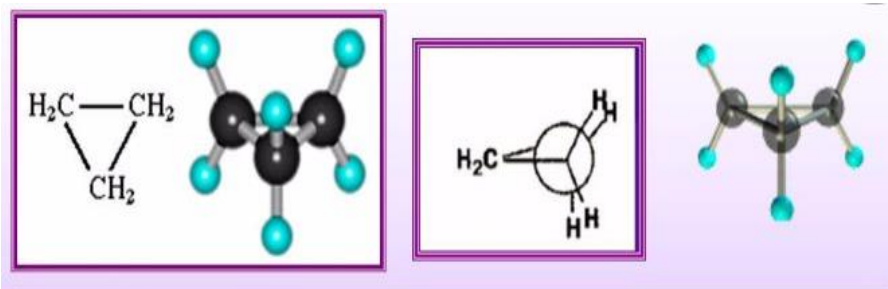
Строение алкенов

Цис-

транс-

изомерия алкенов

Циклоалканы – предельные циклические углеводороды. Атомы углерода находятся в состоянии sp^3 гибридизации угол зависит от размера цикла.



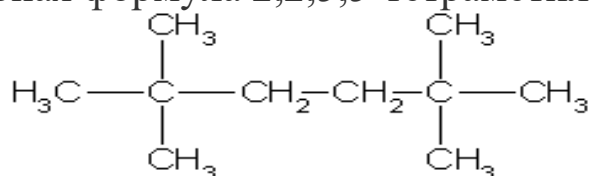
Циклопропан C_3H_6 –
плоский
трехчленный
карбоцикл



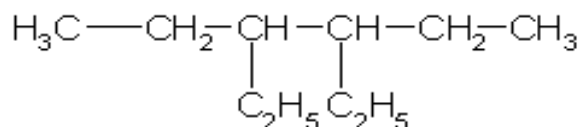
Примеры решения задач

Задача 1. Напишите структурную формулу 2,2,5,5-тетраметилгексана. Напишите формулу его изомера, имеющего в качестве заместителей при основной цепи только этильные радикалы.

Решение. Структурная формула 2,2,5,5-тетраметилгексана:



В качестве изомера с этильными радикалами можно взять углеводород, имеющий 6 атомов углерода в главной цепи и два этильных заместителя в положениях 3 и 4, т.е. 3,4-диэтилгексан:

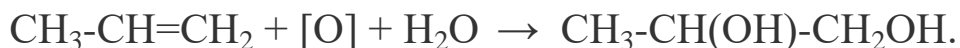


Задача 2. С помощью каких химических реакций можно очистить пропан от примеси пропена?

Решение. Пропен можно поглотить бромной водой:



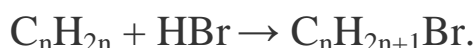
или водным раствором перманганата калия:



Пропан с этими веществами не реагирует и улетучивается.

Задача 3. Этиленовый углеводород массой 7,0 г присоединяет 2,24 л (н.у.) бромоводорода. Определите молярную массу и строение этого углеводорода, если известно, что он является цис-изомером.

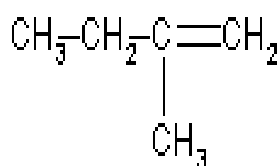
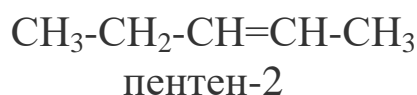
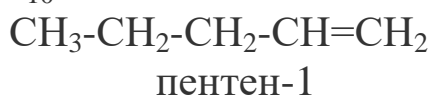
Решение. Этиленовые углеводороды присоединяют бромоводород по уравнению:



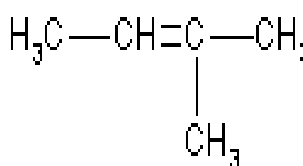
$v(\text{HBr}) = 2,24/22,4 = 0,1$ моль. $v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = v(\text{HBr}) = 0,1$ моль.

$\text{Mr}(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 7,0/0,1 = 70$ г/моль, следовательно, $n = 5$.

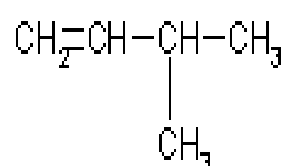
Существует 5 структурных изомеров этиленовых углеводородов состава C_5H_{10} :



2-метилбутен-1



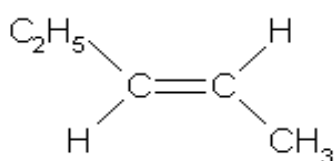
2-метилбутен-2



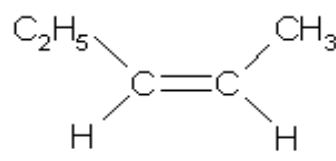
3-метилбутен-

1

Из этих веществ только пентен-2 имеет цис-транс-изомеры:



транс-пентен-2



цис-пентен-2

Ответ. Цис-пентен-2

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Сколько существует индивидуальных веществ состава $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}$, обесцвечивающих бромную воду? Приведите структурные формулы молекул этих веществ.

Задача 2. При взаимодействии 11,2 л (н.у.) смеси изомерных углеводородов, представляющих собой газы с плотностью по водороду 21, с бромной водой получено 40,4 г соответствующего

дибромпроизводного. Определите строение этих углеводородов и содержание каждого из них в смеси (в % по объему). Ответ. 40% пропена, 60% циклопропана.

Задача 3. При пропускании алкена через избыток раствора перманганата калия масса выпавшего осадка оказалась в 2,07 раза больше массы алкена. Установите формулу алкена.

Ответ. C_2H_4

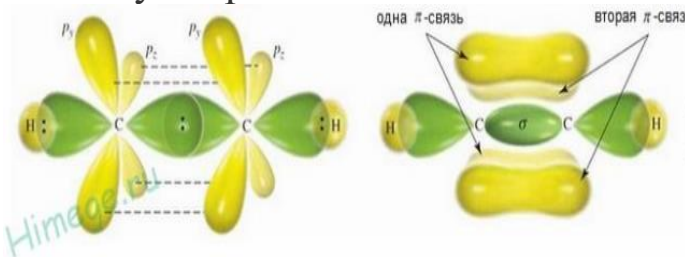
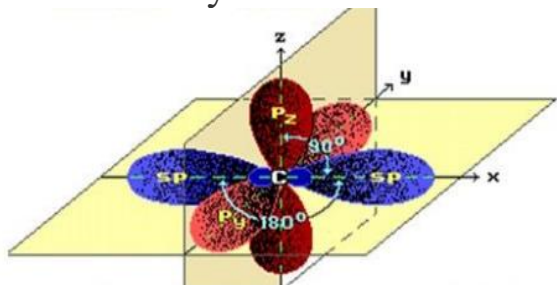
Контрольные вопросы:

1. Сравните между собой δ - и π - связи. В чем их различие?
2. В чем сходство и различие в строении этана и этилена?
3. Составьте структурные формулы: а) двух гомологов; б) двух изомеров циклогексана.

Практическое занятие №3 Алкины и алкадиены

Теоретическое обоснование.

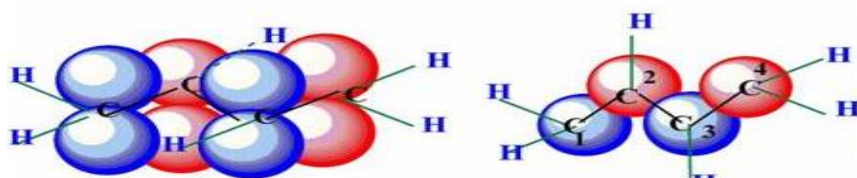
Алкины – ациклические углеводороды, содержащие в молекуле помимо одиарных связей, одну тройную связь между атомами углерода и соответствующие общей формуле C_nH_{2n-2} . Алкины относятся к непредельным соединениям, то есть их химические свойства обусловлены наличием в молекуле тройной связи.



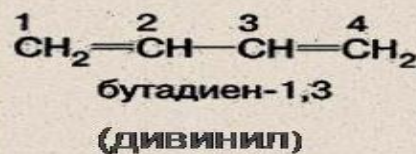
В образовании тройной связи участвуют атомы углерода в sp -гибризованном состоянии. Каждый из них имеет по две sp -гибридных орбитали, направленных друг к другу под углом 180° , и две негибридных p -орбитали, расположенных под углом 90° по отношению друг к другу и к sp -гибридным орбиталям.

Диеновые углеводороды или **алкадиены** – это непредельные углеводороды, содержащие две двойные углерод-углеродные связи. Общая формула алкадиенов C_nH_{2n-2} .

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ БУТАДИЕНА-1,3



длина двойных связей $C_1 - C_2$; $C_3 - C_4$ - 0,136 нм



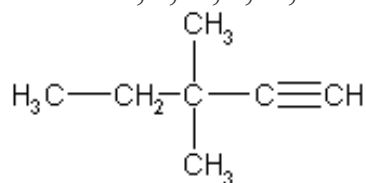
Примеры решения задач

Задача 1. Напишите структурные формулы изомерных ацетиленовых углеводородов состава C_7H_{12} , главная цепь которых состоит из пяти углеродных атомов, и назовите их.

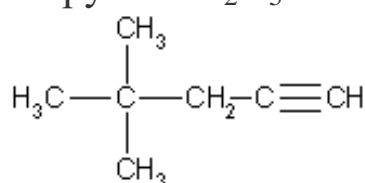
Решение. Тройная связь в главной цепи может находиться в положениях 1 и 2:



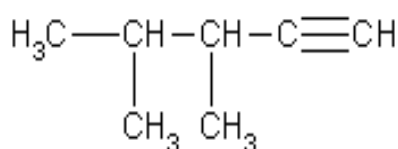
В первом случае возможны четыре структурных изомера (две группы $-CH_3$ в положениях 3,3; 3,4; 4,4 или одна группа $-C_2H_5$ в положении 3:



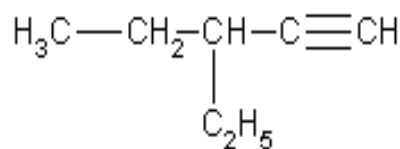
3,3-диметилпентин-1



4,4-диметилпентин-1

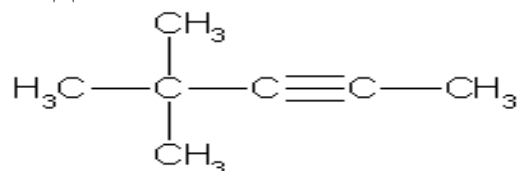


3,4-диметилпентин-1



3-этилпентин-1

Во втором случае возможен единственный изомер, когда две метильные группы находятся в положении 4:



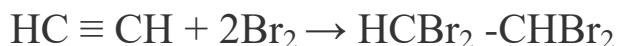
4,4-диметилпентин-2

Ответ. 5 изомеров.

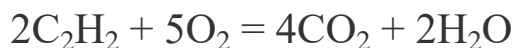
Задача 2. При пропускании смеси пропана и ацетилена через склянку с бромной водой масса склянки увеличилась на 1,3 г. При полном сгорании такого же количества исходной смеси углеводородов

выделилось 14 л (н.у.) оксида углерода (IV). Определите массовую долю пропана в исходной смеси.

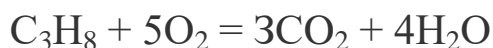
Решение. Ацетилен поглощается бромной водой:



1,3 г - это масса ацетилена. $\nu(\text{C}_2\text{H}_2) = 1,3/26 = 0,05$ моль. При сгорании этого количества ацетилена по уравнению



выделилось $2 \cdot 0,05 = 0,1$ моль CO_2 . Общее количество CO_2 равно $14/22,4 = 0,625$ моль. При сгорании пропана по уравнению



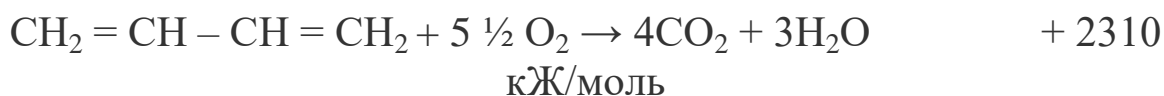
выделилось $0,625 - 0,1 = 0,525$ моль CO_2 , при этом в реакцию вступило $0,525/3 = 0,175$ моль C_3H_8 массой $0,175 \cdot 44 = 7,7$ г.

Общая масса смеси углеводородов равна $1,3 + 7,7 = 9,0$ г, а массовая доля пропана составляет: $\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = 7,7/9,0 = 0,856$, или 85,6%.

Ответ. 85,6% пропана.

Задача 3. Какое количество теплоты выделится при сжигании 800см^3 бутадиена?

Решение. Составляем термохимическое уравнение реакции:



$$\begin{array}{lll} \nu = 1 \text{ моль}; & V_m = 22400 \text{ см}^3/\text{моль} \text{ или } 22,4\text{л}/\text{моль}; & \\ V = 22400 \text{ см}^3 \text{ или } 22,4\text{л}; & M = 54\text{г}/\text{моль}; & m = 54\text{г}. \end{array}$$

Вычисляем, сколько теплоты выделится при сжигании 800см^3 бутадиена:

При сжигании 22400 см^3 бутадиена _____ выделяется 2310кЖ

$$\begin{array}{l} 800\text{см}^3 \text{ _____ } x \text{ кЖ} \\ x = 800 \cdot 2310 / 22400 = 82,5\text{кЖ} \end{array}$$

Ответ. 82,5кЖ

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Эквимолярная смесь ацетилен и формальдегида полностью прореагировала с 69,6 г оксида серебра (аммиачный раствор). Определите состав смеси (в % по массе).

Ответ. 46,4% ацетилен, 53,4% формальдегида.

Задача 2. Какие вещества могут образоваться при постепенной гидрогенизации дивинила и изопрена в присутствии катализатора?

Задача 3. Дихлоралкан, в котором атомы хлора находятся у соседних атомов углерода, обработали избытком спиртового раствора щелочи. Масса выделившегося газа оказалась в 2,825 раза меньше массы исходного дихлоралкана. Установите строение исходного соединения и продукта реакции.

Ответ. 1,2-дихлорпропан; пропилен.

Контрольные вопросы:

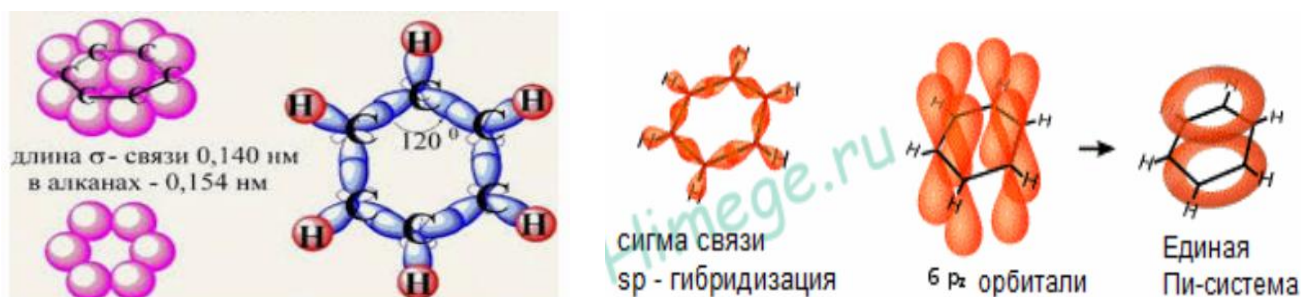
1. Напишите структурные формулы следующих веществ: а) 2-метил-3-бутин; б) 2-пентин; в) 3-метил-4-пентин; г) 2,2-диметил-5-пентин. Чем они отличаются?
2. Равно ли число изомеров у предельных, этиленовых и ацетиленовых углеводородов?
3. Каким способом можно осуществить синтез хлоропрена из метана?

Практическое занятие №4

Арены. Ароматические углеводороды

Теоретическое обоснование.

Арены (ароматические углеводороды) – соединения, в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец – циклических групп атомов углерода со специфическим характером связей. Арены можно делить на 2 группы: производные бензола и конденсированные арены.

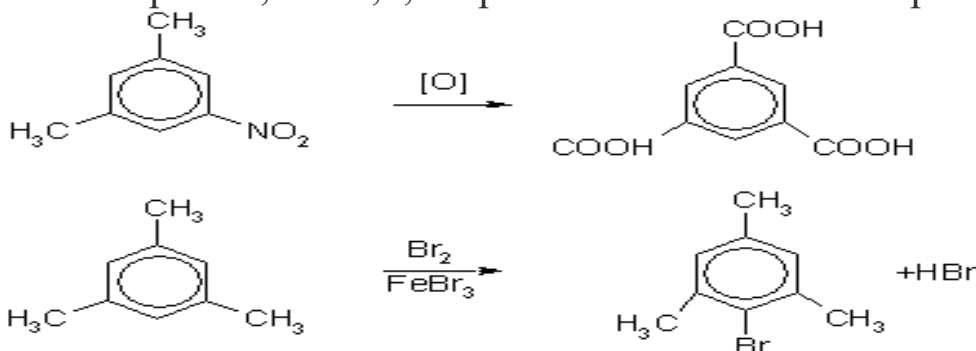


Примеры решения задач

Задача 1. Определите строение ароматического углеводорода состава C_9H_{12} , если известно, что при его окислении перманганатом калия

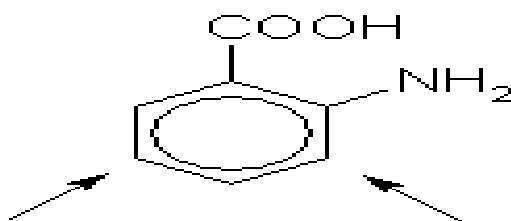
образуется бензолтрикарбоновая кислота, а при бромировании в присутствии FeBr_3 - только одно монобромпроизводное.

Решение. Так как углеводород C_9H_{12} при окислении перманганатом калия образует трикарбоновую кислоту, то он должен иметь три метильные группы. По условию задачи, при бромировании образуется только одно монобромпроизводное. Следовательно, углеводород построен симметрично, это 1,3,5- триметилбензол. Схемы реакций:

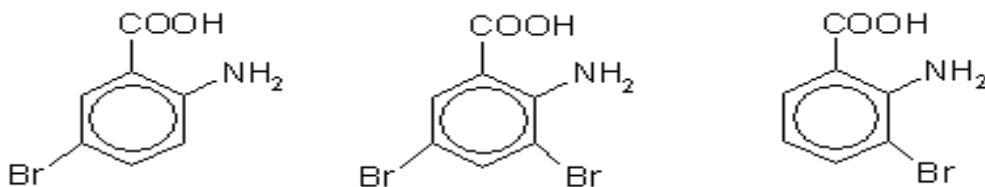


Задача 2. При действии бромной воды на антраниловую (2-аминобензойную) кислоту получена смесь моно- и дибромпроизводных. Напишите структурные формулы каждого из полученных изомеров.

Решение. Аминогруппа NH_2 — ориентант 1-го рода (орто-пара-ориентант), а карбоксильная группа COOH — ориентант 2-го рода (мета-ориентант). В молекуле 2-аминобензойной кислоты оба эти заместителя действуют согласованно и направляют последующее замещение в одни и те же положения, которые обозначены стрелками:



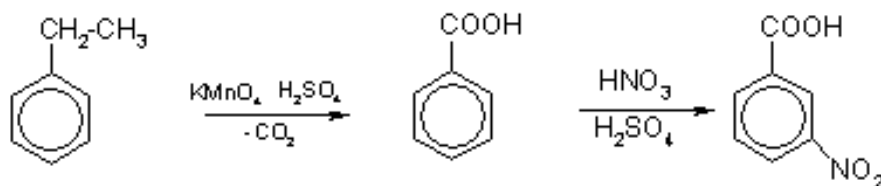
При бромировании атомы брома замещают атомы водорода в положениях, отмеченных стрелками. При этом образуются два монобромпроизводных и одно дибромпроизводное:



Задача 3. Предложите схему получения 3-нитробензойной кислоты из этилбензола в две стадии. Укажите условия реакций.

Решение. Карбоксильная группа COOH — мета-ориентант, поэтому при нитровании бензойной кислоты образуется 3-нитробензойная кислота. Нитрование проводится концентрированной азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты.

Бензойную кислоту можно получить из этилбензола действием подкисленного раствора перманганата калия. Схема указанных превращений



ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Выход нитробензола при нитровании монодейтеробензола равен $\alpha\%$. Как изменится значение выхода продукта замещения дейтерия на нитрогруппу, если в орто-положение к дейтерию ввести нитрогруппу? Напишите уравнения упомянутых реакций.

Задача 2. При окислении смеси бензола и толуола подкисленным раствором перманганата калия при нагревании получено 8,54 г одноосновной органической кислоты. При взаимодействии этой кислоты с избытком водного раствора гидрокарбоната натрия выделился газ, объем которого в 19 раз меньше объема такого же газа, полученного при полном сгорании исходной смеси углеводородов. Определите массы веществ в исходной смеси.

Ответ. 10,92 г бензола, 6,48 г толуола.

Задача 3. Практический выход при тримеризации ацетилена составляет 28% от теоретического. Какую массу ацетилена следует взять для получения 1 кг бензола?

Ответ. 0,28 кг ацетилена.

Контрольные вопросы:

1. Отличаются ли углеродные связи в бензоле от простых и двойных связей?
2. Какие реакции свойственны аренам и чем они отличаются от реакций характерных для предельных и непредельных углеводородов?
3. Как распознать по химическим свойствам бензол, гексан и гексен?

Практическое занятие №5 Галогенсодержащие соединения

Теоретическое обоснование.

Галогенсодержащие соединения – это производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на атомы галогенов – F, Cl, Br и I. Галогенсодержащие соединения нашли широкое применение как растворители, антисептики, инсектициды, стимуляторы роста растений, хладагенты, лекарственные препараты и многое др.

Соединение	Систематическое название	Тривиальное название
<i>Галогеноалканы</i>		
CH ₃ Cl	Хлорометан	Метилхлорид
CH ₃ Br	Бромометан	Метилбромид
CHCl ₃	Трихлорометан	Хлороформ
CHI ₃	Триiodометан	Иодоформ
CH ₃ CH ₂ Br	Бромэтан	Этилбромид
CH ₂ BrCH ₂ Br	1,2-Дибромэтан	
<i>Галогеноалкены</i>		
CH ₂ =CHCl	Хлорэтилен	Винилхлорид
CHCl=CCl ₂	Трихлорэтилен	
<i>Галогеноарены</i>		
	Бромобензол	
	(Бромометил)бензол	Бромотолуол

Примеры решения задач

Задача 1. Установите молекулярную формулу соединения, массовая доля элементов которого составляет: углерода 8% и хлора 92%, а относительная молекулярная масса равна 152.

Решение. Определяем число углеродных единиц (у.е.) соответствующих массовой доле 1% в соединении с относительной молекулярной массой 152:

$$\begin{array}{r}
 100\% \text{ составляет} - 152 \text{ у.е.} \\
 1\% \quad \quad \quad - \quad x \\
 x = 152 \cdot 1/100 = 152 \text{ у.е.}
 \end{array}$$

Находим число у.е., соответствующих массовым долям каждого элемента в соединении: а) массовой доле углерода 8%

$$1\% \text{ составляет} - 1,52 \text{ у.е.}$$

$$\begin{array}{r} 8\% \quad - \quad x \\ x = 8 \cdot 1,52 / 1 = 12,16 \text{ у.е.} \end{array}$$

б) массовой доле хлора 92%

$$1\% \text{ составляет } - 1,52 \text{ у.е.}$$

$$92\% \quad - \quad x$$

$$x = 92 \cdot 1,52 / 1 = 139,84 \text{ у.е.}$$

Определяем число атомов углерода и хлора, содержащихся в составе молекулы вещества: а) углерода

$$12 \text{ у.е. составляет } - 1 \text{ атома углерода}$$

$$12,6 \text{ у.е.} \quad - \quad x$$

$$x = 12,6 \cdot 1 / 12 = 1 \text{ атом углерода}$$

б) хлора

$$35,5 \text{ у.е. составляет } - 1 \text{ атома углерода}$$

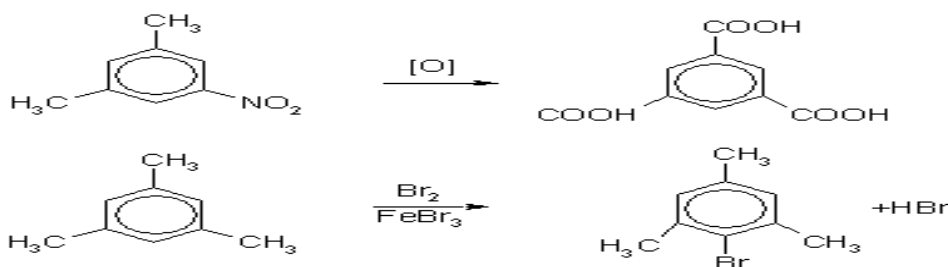
$$139,84 \text{ у.е.} \quad - \quad x$$

$$x = 139,84 \cdot 1 / 35,5 = 4 \text{ атома хлора}$$

Ответ. Состав вещества CCl_4

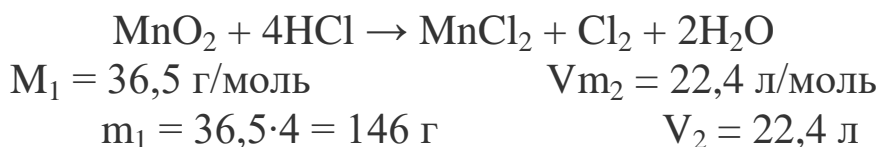
Задача 2. Определите строение ароматического углеводородного состава C_9H_{12} , если известно, что при его окислении перманганатом калия образуется бензолтрикарбоновая кислота, а при бромировании в присутствии FeBr_3 - только одно монобромпроизводное.

Решение. Так как углеводород C_9H_{12} при окислении перманганатом калия образует трикарбоновую кислоту, то он должен иметь три метильные группы. По условию задачи, при бромировании образуется только одно монобромпроизводное. Следовательно, углеводород построен симметрично, это 1,3,5-триметилбензол. Схемы реакций:



Задача 3. Определите объем хлорметана, образовавшегося при взаимодействии метана с хлором, полученным при реакции 20г раствора соляной кислоты (масс. доля хлороводорода 36,5%) с оксидом марганца (IV).

Решение. Составляем уравнение реакции получения хлора при взаимодействии соляной кислоты и оксида марганца (IV):



Определяем массу HCl в 20 г раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5%:

$$100 \text{ г раств. HCl кисл. содержат} \quad - \quad 36,5 \text{ г HCl}$$

$$20 \text{ г} \quad - \quad x \text{ г}$$

$$x = 20 \cdot 36,5 / 100 = 7,3 \text{ г хлороводорода}$$

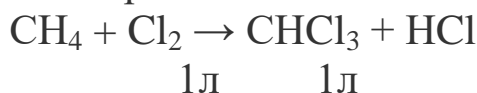
Вычисляем объем хлора, который образуется при взаимодействии 7,3 г хлороводорода с оксидом марганца (IV):

$$146 \text{ г HCl образуется} \quad - \quad 22,4 \text{ л Cl}_2$$

$$7,3 \text{ г} \quad - \quad x \text{ л}$$

$$x = 7,3 \cdot 22,4 / 146 = 1,12 \text{ л хлора}$$

Составляем уравнение реакции получения хлорметана при взаимодействии метана с хлором:



Составим пропорцию, учитывая, что коэффициенты в уравнении реакции показывают число объемов реагирующих и образовавшихся газообразных веществ:

$$\text{Из 1 л хлора получают} \quad - \quad 1 \text{ л хлорметана}$$

$$1,12 \text{ л} \quad - \quad x \text{ л}$$

$$x = 1,12 \cdot 1 / 1 = 1,12 \text{ л хлорметана}$$

Ответ. 1,12 л хлорметана.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров для соединения, формула которого $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$, и назовите их по международной номенклатуре.

Задача 2. Напишите структурные формулы: а) 2-хлор-2-метилпропана; б) 2,3-дихлор-2,3-диметилбутана; в) 2-хлор-3-метилбутана; г) 2,3,4-трихлорпентана; д) 2,4-дихлор-3-метилпентана

Задача 3. Напишите уравнения реакций следующих превращений:

а) $\text{C} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$; б) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{16}$ в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$;



г) $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$

Контрольные вопросы:

1. При помощи каких реакций можно осуществить следующие превращения: а) $\text{C} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$; б) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$

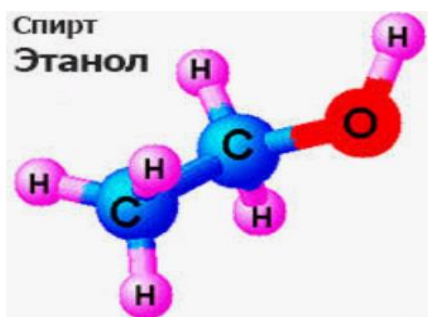
2. Почему в молекуле хлорметана атомы углерода и хлора имеют разные по знаку частичные заряды?

3. Какие из галогенопроизводных предельных углеводородов применяются в быту и в промышленности?

Практическое занятие №6 Одно-, двух- и многоатомные спирты

Теоретическое обоснование.

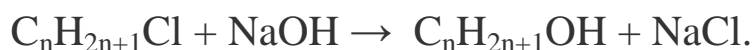
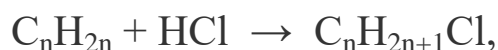
Спирты – органические соединения, содержащие одну или более гидроксильных групп (–OH), непосредственно связанных с насыщенным атомом углерода. Спирты можно рассматривать как производные воды (H–O–H), в которых один атом водорода замещен на органическую функциональную группу: R–O–H



Примеры решения задач

Задача 1. Этиленовый углеводород присоединяет 6,72 л (н.у.) хлороводорода. При гидролизе продукта реакции водным раствором гидроксида натрия при нагревании образуется 22,2 г предельного одноатомного спирта, содержащего три метильные группы. Определите строение исходного углеводорода и полученного спирта.

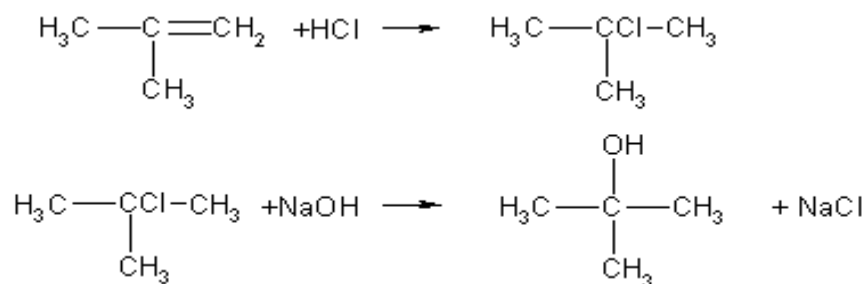
Решение. Запишем уравнения реакций:



$\nu(HCl) = 6,72/22,4 = 0,3$ моль. Согласно уравнениям реакций, $\nu(C_nH_{2n+1}OH) = \nu(C_nH_{2n+1}Cl) = \nu(HCl) = 0,3$ моль. Молярная масса спирта равна: $M(C_nH_{2n+1}OH) = 22,2/0,3 = 74$ г/моль, откуда $n = 4$. Следовательно, молекулярная формула спирта — C_4H_9OH .

Из четырех спиртов состава C_4H_9OH только третичный спирт (2-метилпропанол-2, или трет-бутиловый спирт) содержит три метильные группы. В состав молекулы этого спирта входит разветвленный

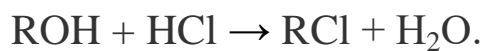
углеродный скелет, следовательно, исходный алкен состава C_4H_8 тоже имел разветвленный скелет. Это 2-метилпропен. Уравнения реакций:



Ответ. 2-метилпропен; треть-бутанол.

Задача 2. Соединение неизвестного строения медленно реагирует с натрием, не окисляется раствором дихромата натрия, с концентрированной соляной кислотой реагирует быстро с образованием алкилхлорида, содержащего 33,3% хлора по массе. Определите строение этого соединения.

Решение. Характер реакций с Na, с $Na_2Cr_2O_7$ и с HCl свидетельствует о том, что неизвестное вещество — третичный спирт, при реакции с HCl образуется третичный алкилхлорид:



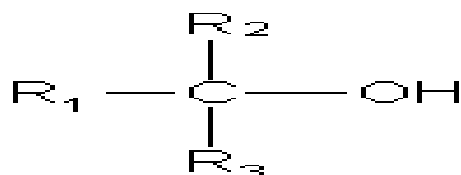
Один моль RCl содержит один моль Cl массой 35,5 г, что составляет 33,3% от общей массы, следовательно, молярная масса алкилхлорида равна:

$$M_r(RCl) = 35,5 / 0,333 = 106,5 \text{ г/моль, а молярная}$$

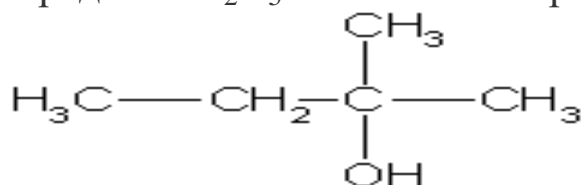
масса углеводородного радикала равна: $M(R) = 106,5 - 35,5 = 71 \text{ г/моль.}$

Единственный радикал с такой молярной массой — C_5H_{11} .

Третичные спирты имеют общую формулу:



Один атом углерода из пяти соединен с гидроксильной группой, а четыре атома входят в состав трех радикалов. Разбить четыре атома углерода на три радикала можно единственным способом: два радикала CH_3 и один радикал C_2H_5 . Искомый спирт 2-метилбутанол-2:



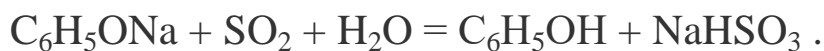
Ответ. 2-метилбутанол-2.

Задача 3. Расположите в порядке возрастания кислотности следующие вещества: фенол, сернистая кислота, метанол. Приведите уравнения химических реакций, подтверждающие правильность выбранной последовательности.

Решение. Правильный ряд выглядит так: $\text{CH}_3\text{OH} < \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} < \text{H}_2\text{SO}_3$. Фенол сильнее метанола, поскольку фенол реагирует с растворами щелочей, а метанол — нет:



Далее воспользуемся правилом, согласно которому более сильная кислота вытесняет более слабую из ее солей.



Фенол вытесняется сернистой кислотой из фенолята натрия, следовательно, сернистая кислота сильнее фенола.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. При действии избытка натрия на смесь этилового спирта и фенола выделилось 6,72 л водорода (н.у.). Для полной нейтрализации этой же смеси потребовалось 25 мл 40%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,4 г/мл). Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

Ответ. 59,3% фенола, 40,7% этанола.

Задача 2. При сжигании 4 г метилового спирта выделилось 90,83кЖ теплоты. Составьте термохимическое уравнение этой реакции.

Задача 3. Водный раствор этиленгликоля с массовой долей 50% применяется в качестве антифриза для охлаждения автомобильных двигателей. Какой объем этилена необходимо взять для получения 5 л ($\rho=1,11\text{г/см}^3$) этиленгликоля?

Ответ. 1002,58 л этилена.

Контрольные вопросы:

1. Производным каких известных веществ является этиловый спирт?
2. Какое влияние на свойства спирта оказывает присутствие нескольких гидроксильных групп?
3. С помощью каких реакций можно осуществить превращения?
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3 \rightarrow 1,2,3\text{-трихлорпропан} \rightarrow \text{глицерин}$

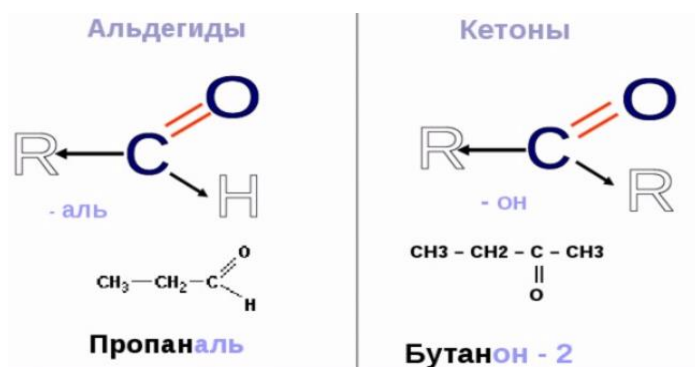
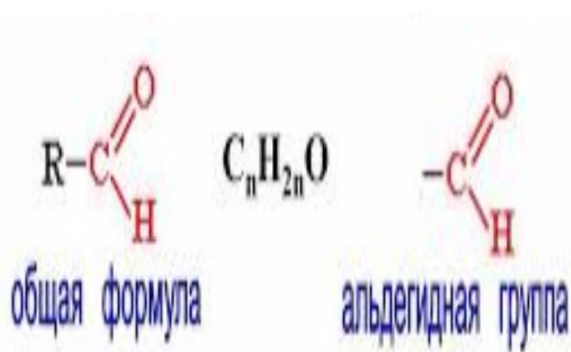
Практическое занятие №7

Альдегиды и кетоны

Теоретическое обоснование.

Альдегиды (от лат. *alcohol dehydrogenates* – спирт, лишённый водорода) – класс органических соединений, содержащих альдегидную группу (-CHO). Альдегидная группа содержится во многих природных веществах, таких, как углеводы (альдозы), некоторые витамины (ретинол, пиридоксаль) и ванилин.

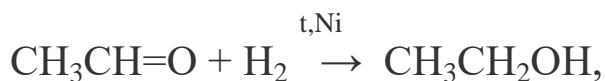
Кетоны – это органические вещества, в молекулах которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами: $R_1 - CO - R_2$.



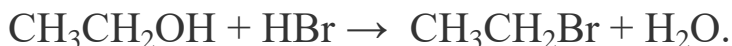
Примеры решения задач

Задача 1. Как в две стадии из уксусного альдегида получить бромэтан?

Решение. Уксусный альдегид можно восстановить водородом до этанола:



а этанол обработать бромоводородной кислотой:



Задача 2. Соединение состава $C_4H_8Cl_2$ с неразветвленным углеродным скелетом нагрели с водным раствором гидроксида натрия и получили органическое соединение, которое при окислении гидроксидом меди(II) превратилось в соединение состава $C_4H_8O_2$. Определите строение исходного соединения.

Решение. Если бы два атома хлора находились у разных атомов углерода, то при обработке щелочью мы получили бы двухатомный спирт, который не окисляется $Cu(OH)_2$. Если бы два атома хлора находились при одном атоме углерода в середине цепи, то при обработке щелочью мы получили бы кетон, который не окисляется

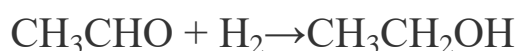
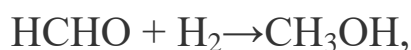
$\text{Cu}(\text{OH})_2$. Следовательно, искомое вещество - 1,1-дихлорбутан, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCl}_2$. При щелочном гидролизе этого вещества образуется бутановый (масляный) альдегид:

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHCl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{O} + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$,
который окисляется гидроксидом меди (II) до бутановой (масляной) кислоты:

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{O} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$.
Ответ. 1,1-дихлорбутан.

Задача 3. Для каталитического гидрирования 17,8 г смеси муравьиного и уксусного альдегидов до соответствующих спиртов потребовалось 11,2 л водорода (н.у.). Определите массовые доли альдегидов в смеси.

Решение. Пусть в смеси находилось x моль HCHO и y моль CH_3CHO . тогда масса смеси равна: $30x + 44y = 17,8$ г. Для полного гидрирования смеси по уравнениям



требуется $(x+y)$ моль водорода, или $11,2/22,4 = 0,5$ моль. Решая систему двух уравнений для x и y , находим: $x = 0,3$, $y = 0,2$.

Массовые доли альдегидов в смеси равны: $\omega(\text{HCHO}) = 0,3 - 30/17,8 = 0,506$, или 50,6%; $\omega(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,2 - 44/17,8 = 0,494$, или 49,4%.

Ответ. 50,6% муравьиного альдегида, 49,4% уксусного альдегида.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Сколько молей формальдегида содержится в 5 л раствора с массовой долей формальдегида 20% ($\rho = 1,06$ г/см³)?

Ответ. 35,3 моль формальдегида.

Задача 2. К 1,17 г смеси пропанола-1 и неизвестного альдегида добавили аммиачный раствор 5,80 г оксида серебра и слегка нагрели. Выпавший при этом осадок отфильтровали, а непрореагировавший оксид серебра перевели в хлорид серебра, масса которого оказалась равной 2,87 г. Определите строение взятого альдегида, если молярное отношение альдегида к спирту в исходной смеси равно 3:1.

Ответ. Уксусный альдегид, $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{O}$

Задача 3. Напишите уравнения реакций окисления гидроксидом меди(II) следующих альдегидов: а) пропаналя; б) 2-метилбутанала; в) 3-метилбутанала.

Контрольные вопросы:

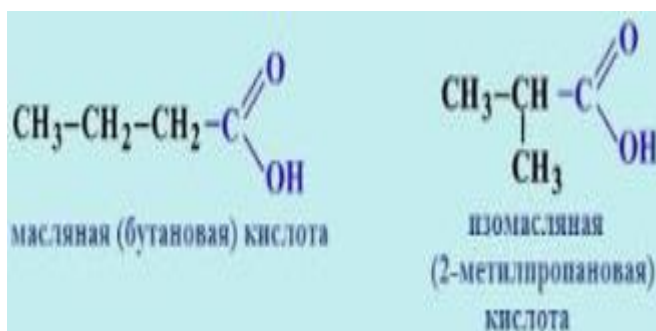
1. Какой из альдегидов – муравьиный или уксусный – активнее вступает в реакции гидрогенизации и окисления?
2. Какова структура ацетона?
3. Как с помощью одного реактива распознать каждое вещество: глицерин, этанол и уксусный альдегид?

Практическое занятие №8

Карбоновые кислоты и их функциональные производные

Теоретическое обоснование.

Карбоновые кислоты – класс органических соединений, молекулы которых содержат одну или несколько функциональных карбоксильных групп – COOH. Карбоновые кислоты являются слабыми кислотами, *pKa* большинства алифатических кислот составляет 4,8.



Примеры решения задач

Задача 1. Каким образом можно осуществить реакции: ацетат натрия → уксусная кислота → хлоруксусная кислота? Напишите уравнения реакций.

Решение. Уксусная кислота — слабая, поэтому сильные кислоты вытесняют ее из ее солей: $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$.

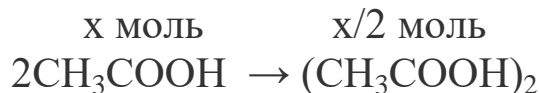
Уксусная кислота на свету реагирует с хлором:



Задача 2. Уксусную кислоту массой 5,40 г поместили в сосуд объемом 4,50 л и нагрели до температуры 200°C. Давление паров при этом

составило 43,7 кПа. Определите число молекул димера уксусной кислоты в газовой фазе.

Решение. В парах уксусная кислота находится частично в виде димеров, а частично в виде отдельных молекул:



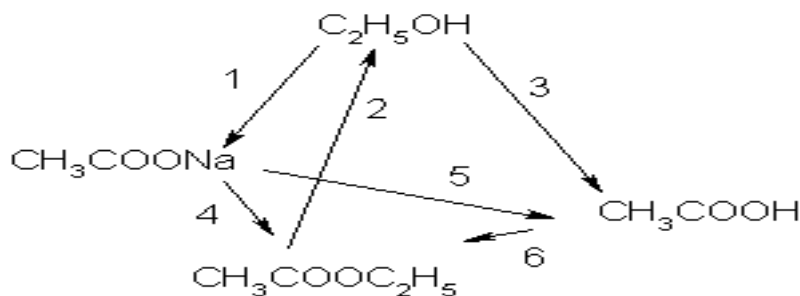
Исходное количество уксусной кислоты: $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = m/M = 5,4 / 60 = 0,09$ моль. Пусть в реакцию димеризации вступило x моль CH_3COOH , тогда образовалось $x/2$ моль димера $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ и осталось $(0,09 - x)$ моль CH_3COOH . Общее количество веществ в газовой фазе равно:

$\nu = PV / (RT) = 43,7 * 4,50 / (8,31 * 473) = 0,05 = x/2 + (0,09 - x)$, откуда $x = 0,08$ моль. Число молекул димера уксусной кислоты в газовой фазе равно:

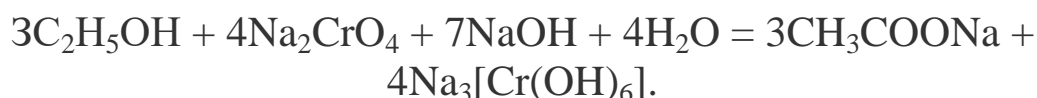
$$N[(\text{CH}_3\text{COOH})_2] = \nu \cdot N_A = 0,08 / 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,408 \cdot 10^{22}.$$

Ответ. $2,408 \cdot 10^{22}$ молекул $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$.

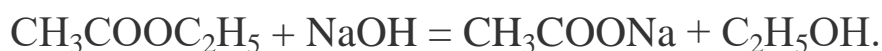
Задача 3. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



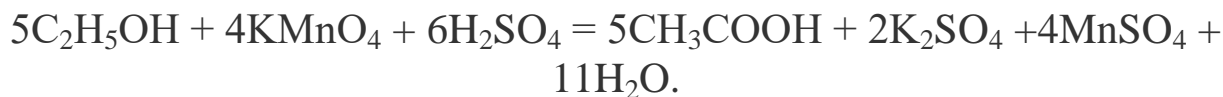
Решение. 1) Этанол окисляется до ацетата натрия хроматом натрия в щелочном растворе:



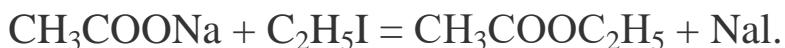
2) Этилацетат гидролизует под действием щелочей:



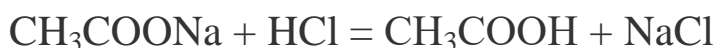
3) Этанол окисляется до уксусной кислоты дихроматом калия в кислом растворе:



4) Этилацетат можно получить из ацетата натрия действием этилиодида:

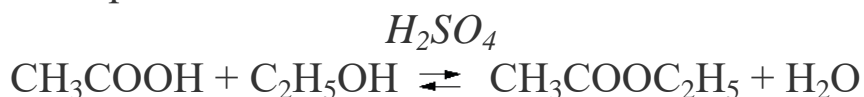


5) Уксусная кислота — слабая, поэтому сильные кислоты вытесняют ее из ацетатов:



Сложный эфир образуется при нагревании уксусной кислоты с этанолом в

1) присутствии серной кислоты:



ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Напишите уравнения реакций в молекулярной, полной и сокращенной ионной форме между: а) серной кислотой и ацетатом магния; б) уксусной кислотой и карбонатом натрия; в) ацетатом бария и сульфатом натрия; г) гидроксидом натрия и ацетатом аммония.

Задача 2. Напишите схему превращений, с помощью которой из 3,3,3-трихлорпропена можно получить 3-гидроксипропановую кислоту. Укажите условия проведения реакций.

Задача 3. Имеется 148 г смеси двух органических соединений одинакового состава $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$. Определите строение этих соединений и их массовые доли в смеси, если известно, что одно из них при взаимодействии с избытком гидрокарбоната натрия выделяет 22,4 л (н.у.) оксида углерода (IV), а другое не реагирует с карбонатом натрия и аммиачным раствором оксида серебра, но при нагревании с водным раствором гидроксида натрия образует спирт и соль кислоты.

Ответ. 50% $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, 50% $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$

Контрольные вопросы:

1. Какова общая формула одноосновных карбоновых кислот?
2. Почему гидроксильная группа в карбоновых кислотах имеет более сильные кислотные свойства, чем в одноатомных спиртах?

3.Какая кислота более сильная: α -, β - или γ -хлормасляная?

Практическое занятие №9 Углеводы. Аминокислоты.

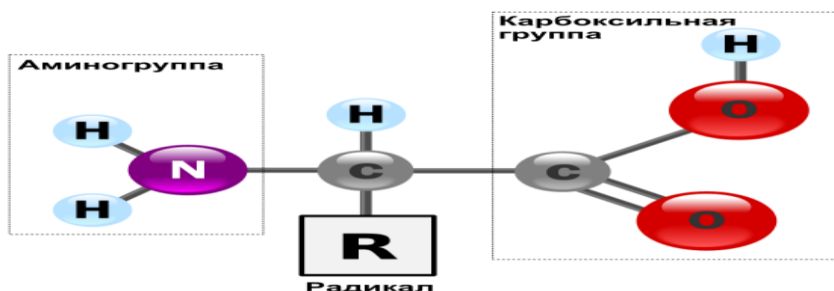
Гетероциклические соединения и полимерные материалы

Теоретическое обоснование.

Углеводы – органические вещества, содержащие карбонильную группу и несколько гидроксильных групп. Название класса соединений происходит от слов «гидраты углерода», формально являясь соединениями углерода и воды.



Аминокислоты (аминокарбоновые кислоты) – органические соединения, в молекуле которых одновременно содержатся карбоксильные и аминные группы. Важной особенностью аминокислот является их способность к поликондсации, приводящей к образованию полиамидов, в том числе пептидов, белков, нейлона, капрона, энанта.

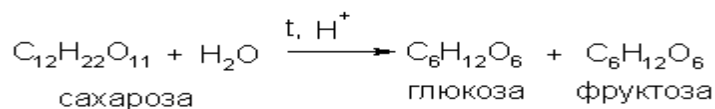


Общая структура α -аминокислот (кроме пролина).

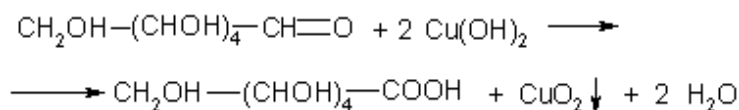
Примеры решения задач

Задача 1. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения: сахароза → глюкоза → глюконовая кислота?

Решение. Сахароза гидролизуется при нагревании в подкисленном растворе:

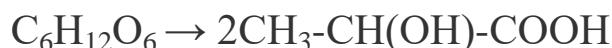


Глюкоза окисляется свежесосажденным гидроксидом меди (II) с образованием глюконовой кислоты ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$):

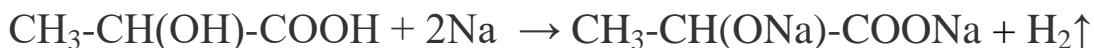


Задача 2. Полученное из глюкозы соединение $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ в реакции с натрием образует соединение состава $\text{C}_3\text{H}_4\text{Na}_2\text{O}_3$, с карбонатом кальция — $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$, с этанолом в присутствии серной кислоты — $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_3$. Назовите это соединение и напишите уравнения реакций.

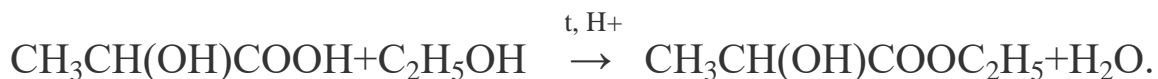
Решение. При молочнокислом брожении из глюкозы получается молочная (2-гидроксипропановая) кислота:



В реакции молочной кислоты с натрием участвуют и гидроксильная и карбоксильная группы:

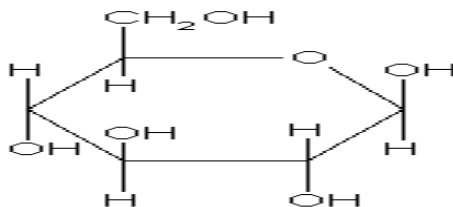


С карбонатом кальция и с этанолом молочная кислота реагирует как обычная карбоновая кислота:



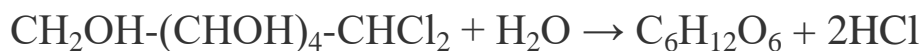
Задача 3. Вещество состава $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5\text{Cl}_2$ при гидролизе в водном растворе образует смесь пираноз А и Б, причем фрагменты А входят в состав целлюлозы. Напишите структурные формулы веществ А и Б, а также уравнения соответствующих реакций.

Решение. Фрагменты А входят в состав целлюлозы, следовательно, А — β-глюкоза (изображена в пиранозной форме, т.е. в форме 6-членного цикла):



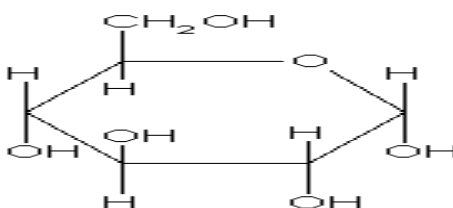
А- β -глюкоза

Смесь линейной формы глюкозы, α-глюкозы и β-глюкозы образуется при гидролизе следующего дихлорида:



(гидролиз дихлоридов — один из способов получения альдегидов).

Вещество Б — α-глюкоза в пиранозной форме:



Б - α-глюкоза

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

Задача 1. Массовая доля крахмала в картофеле составляет 20%. Рассчитайте массу глюкозы, которая может быть получена из картофеля массой 405 кг. Выход продукта равен 70%.

Ответ. 63кг глюкозы.

Задача 2. 28,2 г фенола нагрели с избытком формальдегида в присутствии кислоты. При этом образовалось 5,116 г воды. Определите среднюю молярную массу полученного высокомолекулярного продукта реакции, считая, что поликонденсация протекает только линейно, и фенол полностью вступает в реакцию.

Ответ. 2002 г/моль.

Задача 3. При сжигании образца азотсодержащего гетероциклического соединения, не содержащего заместителей в кольце, образовалось 1,2 л углекислого газа, 0,8 л паров воды и 0,4 л азота (объемы измерялись при одинаковых условиях). Установите возможную структуру этого соединения. Ответ. $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$ — имидазол или пиразол.

Контрольные вопросы:

1. Состав глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Как экспериментально определить строение молекулы?

- 2.С помощью каких реакций можно осуществить превращения:
а) крахмал → этанол; б) крахмал → уксусный альдегид?
- 3.Какая масса углевода равноценна по калорийности 20г жира?

Лабораторная работа № 1

Правила техники безопасности. Ознакомление с лабораторным оборудованием и посудой. Результаты наблюдений рабочих процессов, выводы и доказательства

Требования техники безопасности перед началом работы:

1. Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с физико-химическими свойствами применяемых и образующихся в процессе химической реакции веществ, а также с инструкциями и правилами по обращению с ними.
2. Содержать рабочее место в чистоте и порядке. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и рабочая тетрадь.

Требования безопасности во время работы:

1. Приступать к выполнению лабораторной работы следует лишь тогда, когда отчетливо уяснены цель и задачи, когда обдуманы отдельные этапы выполнения работы;
2. Работы с ядовитыми, летучими и едкими веществами необходимо производить только в вытяжном шкафу;
3. При всех работах соблюдать максимальную осторожность, помня, что неаккуратность и невнимательность могут повлечь несчастный случай;
4. Не следует наклоняться над сосудом с кипящей жидкостью. Нагреваемую пробирку необходимо держать отверстием от себя, так как может произойти выброс жидкости. Прогреть содержимое по всей пробирке, а не только снизу;
5. После использования реактива его необходимо сразу ставить на место, чтобы не создавать беспорядка на рабочем месте и не перепутать реактивы при расстановке их в конце занятий;
6. При разбавлении концентрированной серной кислоты необходимо кислоту вливать малыми порциями в воду, а не наоборот;
7. Воспрещается работать с огнеопасными веществами вблизи включенных электроприборов и горящих спиртовок или горелок;
8. Нюхать вещество следует, направляя пары к себе движением руки, а не вдыхая их полной грудью;

9. Нельзя употреблять для опытов вещество из банок, упаковок и капельниц без этикеток или с неразборчивыми надписями
10. При попадании на кожу кислоты или щелочи необходимо промыть обожженное место большим количеством воды, а затем – при ожогах кислотой – 3%-ым раствором соды, а при ожогах щелочами – 1%-ым раствором борной кислоты;
11. При попадании реактива в глаза следует промыть их струей воды, а при отравлении газами обеспечить пострадавшему приток свежего воздуха;
12. Во избежание отравлений категорически запрещается хранить и принимать пищу, курить в рабочих комнатах химических лабораторий.

Требования безопасности по окончании работы:

Необходимо убирать со стола и пола все пролитое, разбитое и рассыпанное. После выполнения эксперимента рабочее место необходимо привести в порядок. Гранулы и кусочки металла не бросать в раковину, а складывать в специальный сосуд и сдавать лаборанту. Никаких веществ из лаборатории нельзя брать домой. После окончания работы нужно обязательно вымыть руки. Обо всех нарушениях правил техники безопасности и непредвиденных ситуациях немедленно сообщать преподавателю!

ЛАБОРАТОРНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА И ПРИБОРЫ

В химических лабораториях обычно используют стеклянную посуду. Она изготавливается, как правило, из специального стекла, которое устойчиво к кислотам, щелочам и большинству химических реагентов (кроме фтороводорода и расплавленных щелочей), и обладает сравнительно небольшим коэффициентом линейного расширения, посуда из стекла очень удобна – она прозрачна, хорошо моется и сушится, а также легко поддается термической обработке. Основным ее недостатком является хрупкость.

СТАКАНЫ - обычно изготавливаются из термического стекла и бывают различной вместимости (от 50 до 1000 мл). Они служат для вспомогательных работ – чаще с водными растворами, реже с органическими жидкостями.

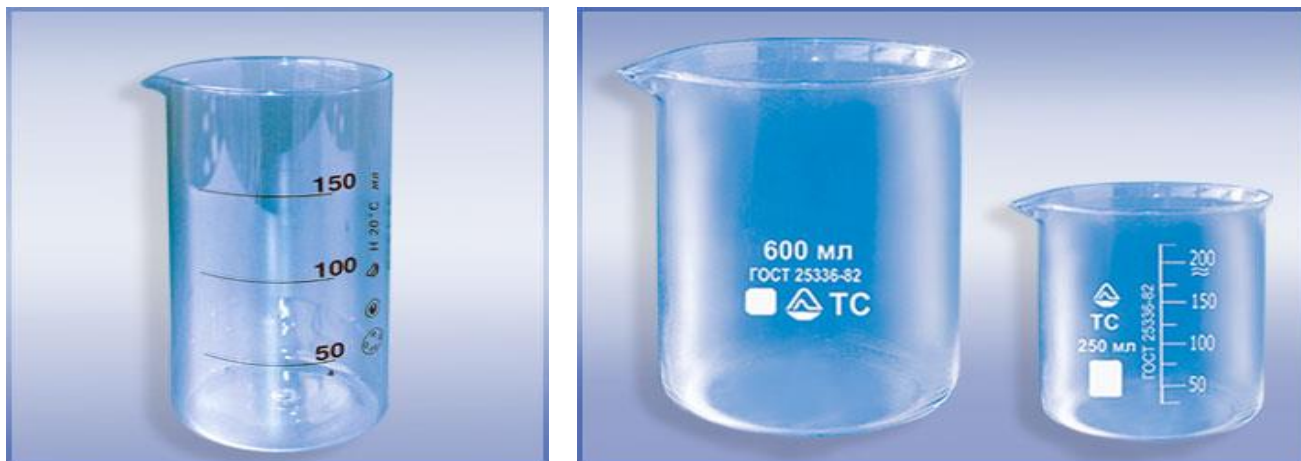


Рис. 1.1. Стаканы.

ДЕФЛЕГМАТОРЫ бывают самой различной конструкции и применяются для более тщательной фракционной перегонки. В верхнее отверстие дефлегматора вставляют термометр, а с помощью отводной трубки в верхней части дефлегматор соединяют с холодильником.

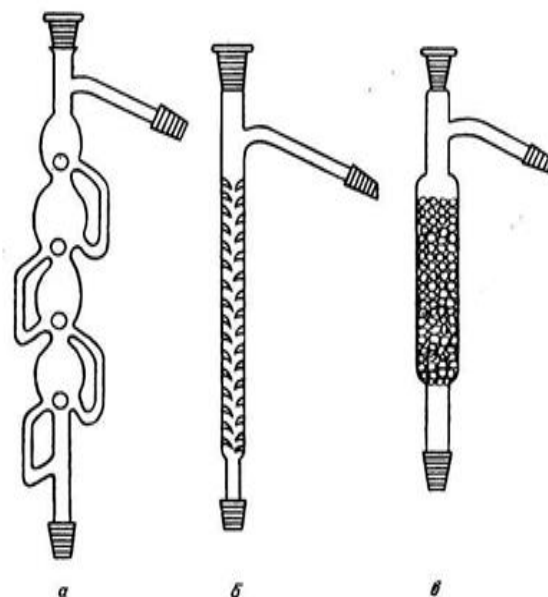


Рис. 1.2. Дефлегматоры:
а – шариковый;
б – елочный; в – с насадкой.

КОЛБЫ – основная лабораторная посуда при проведении органического синтеза. Колбы бывают круглодонные, плоскодонные, грушевидные, конические и др. Плоскодонные и конические колбы обычно используют в качестве приемников при перегонке жидкости, для кристаллизации, а также для приготовления растворов. Круглодонные колбы, снабженные отводной трубкой, называют колбами Вюрца.



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 1.3. Колбы: а – грушевидный; б – круглодонные; в – круглодонная колба Вюрца; г – коническая; д – колба Бюнзена.

Они предназначены для перегонки жидкости под атмосферным давлением.

ХОЛОДИЛЬНИКИ служат для охлаждения и конденсации паров образующихся при кипении органических жидкостей. При перегонке низкокипящих жидкостей используют холодильник Либиха – такую же стеклянную трубку, но впаянную в другую, более широкую.



Рис. 1.4. Холодильники: шарообразный-обратный и Либиха.

ТЕРМОМЕТРЫ. В химических лабораториях чаще всего применяют ртутные термометры. Термометры бывают различной конструкции. Наиболее распространены обычные ртутные термометры (химические) и технические (с прямой и изогнутыми трубками). Используют также и палочковые термометры, представляющие собой толстостенный капилляр, на котором с наружной стороны нанесена градуировка в виде закрашенных в черный или красный цвет штрихов. Обычные химические термометры позволяют измерять температуру в пределах от 30 до 360°C. Наиболее распространены термометры со шкалой в 100, 150, 200, 250, 300, и 360°C. Иногда используют и специальные (газонаполненные) термометры со шкалой до 550 и даже до 750°C. Для очень точных измерений применяют образцовые («нормальные») термометры, имеющие цену деления в 0,1°C. Такими термометрами обычно определяют температуры плавления и кипения веществ.



Рис. 1.5. Термометры.

ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ВОРОНКИ применяются для разделения несмешивающихся жидкостей и для экстракции. Эти воронки в отличие от капельных имеют более толстые стеклянные стенки и меньшую длину трубки.

КАПЕЛЬНЫЕ ВОРОНКИ предназначены для медленного прибавления компонента к реакционной смеси до или во время

проведения органического синтеза. Воронки бывают с цилиндрическими, шарообразными или грушевидными емкостями для жидкости (с пробкой в верхней части) и часто – с длинными трубками с краном. Чтобы стеклянный кран не пропускал жидкости, шлиф слегка смазывают вазелином.

ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ ВОРОНКИ применяются для отделения растворов, смеси от фильтрата и осадков при перемещении в другую емкость.



а)

б)

в)

Рис. 1.6. Воронки: а) делительные; б) капельные; в) фильтровальные.

ЭКСИКАТОРЫ – емкости из толстостенного стекла - предназначены для высушивания твердых веществ. Различают обычные и вакуум-эксикаторы. В качестве осушающего агента применяют безводные хлорид кальция, сульфат натрия, натронную известь, гидроксид натрия, оксид фосфора (V) и др. Концентрированную серную кислоту используют для поглощения влаги, остатков спирта, эфира, ацетона, анилина, пиридина, но только в обычных эксикаторах.



Рис. 1.7. Эксикаторы.

УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ. Часто при проведении органических синтезов требуется перемешивание. Если оно осуществляется в открытых сосудах, то используют стеклянные или металлические мешалки различных конструкций.

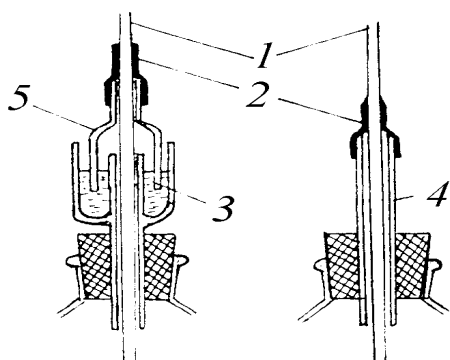


Рис. 1.8. Типы уплотняющих затворов для мешалок:

- а – с использованием ртути или глицерина;
- б – с использованием отрезка резинового шланга;
- 1-мешалки;
- 2-отрезки резинового шланга;
- 3-ртуть или глицерин;
- 4-стеклянная трубка;
- 5-стеклянная насадка.

Широкое применение получили магнитные мешалки. С их помощью осуществляют перемешивание в герметически закрытых сосудах. Содержимое колбы перемешивается заплавленным в стекло или пластмассу железным стержнем. Вращение стержня обеспечивается магнитом, насаженным на вал электромотора.

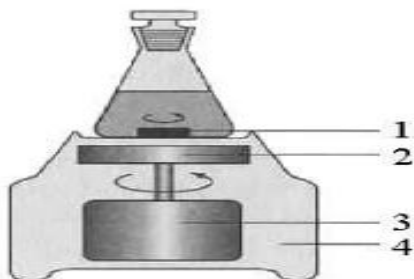


Рис. 1.9. Магнитная мешалка:
1-железный стержень в капсуле;
2-вращающийся магнит;
3-электромотор;
4-корпус.

Контрольные вопросы:

1. Что делается перед выполнением лабораторной работы?
2. Как обработать кожу при попадании на нее кислоты или щелочи?
3. Для чего служат лабораторные стаканы?
4. Назовите виды термометров
5. Какие химические посуды используются для высушивания твердых веществ?

Лабораторная работа №2

Методы очистки органических соединений. Фракционная перегонка бензина. Кристаллизация, сублимация бензойной кислоты

Теоретическое обоснование.

Соединения углерода (за исключением некоторых наиболее простых) издавна получили название органических соединений. Они обычно состоят из небольшого числа элементов; в их состав кроме углерода почти всегда входит водород, часто кислород и азот, иногда сера и фосфор. Эти элементы были названы органогенами (т.е. элементами, порождающими органические молекулы).

Цель работы. Очистить от примесей заданное кристаллическое органическое вещество и выделить его в индивидуальном виде.

Реактивы. Ацетанилид или сульфаниловая кислота; активированный уголь (порошок).

Приборы и посуда. Конические колбы емкостью 100-150 мл; воронка; лабораторный нутч-фильтр; стеклянная палочка; складчатый фильтр.

Порядок выполнения работы. В стаканчик или коническую колбочку помещают 3 г загрязненного кристаллического органического вещества, приливают 70 мл воды, добавляют немного активированного угля для обесцвечивания раствора, окрашенного примесями, и кипятят на плитке до полного растворения кристаллов. Затем раствор горячим быстро фильтруют через воронку со складчатым фильтром и дают фильтрату остыть. Выпавшие в осадок кристаллы отфильтровывают на установке для отсасывания кристаллических веществ от маточных растворов (нутч-фильтр), которая подключается к водоструйному вакуум-наосу (рис. 2.1).

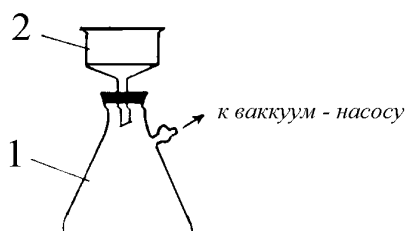


Рис. 2.1. Схема установки для отсасывания кристаллических веществ от маточных растворов (нутч-фильтр) 1-колба для отсасывания (колба Бюнзена); 2-воронка Бюхнера.

(Если кристаллы при охлаждении раствора не выпадают, его нужно несколько выпарить, а охладив, растереть стенки сосуда палочкой). Кристаллы на воронке промывают холодной водой. Полученные кристаллы переносят на листок фильтровальной бумаги, отжимают и высушивают на воздухе. Фильтрацию в вакууме используют для

ускорения и более полного отделения осадка от фильтрата. Иногда этот процесс называют отсасыванием. Обычный прибор для фильтрования в вакууме показан на рис. 2.2., а. В плоскодонную толстостенную колбу Бюнзена с помощью резиновой пробки вставлена фарфоровая воронка Бюхнера, имеющая плоскую дырчатую перегородку, на которую кладут бумажный фильтр. Фильтр вырезают по размеру дна воронки. Вакуум создают водоструйным насосом. При ослаблении напора в водопроводной сети вода из насоса может попасть в прибор. Во избежание этого устанавливают предохранительную склянку. При проведении фильтрования в вакууме соблюдается определённая последовательность операций. Вначале подключают водоструйный насос и присоединяют его к системе. Затем смачивают фильтр небольшим количеством того растворителя, который предполагается фильтровать. Если при фильтровании возникает свистящий звук, то это указывает на неплотно прилегающий или прорвавшийся фильтр. В этом случае фильтр заменяют. Собранный на фильтре осадок отжимают стеклянной пробкой, пока из воронки не перестанет капать маточный раствор. Если осадок на воронке Бюхнера требуется промыть, то сперва соединяют колбу Бюнзена с атмосферой (это удобно делать с помощью трёхходового крана), затем осадок пропитывают промывающей жидкостью и фильтруют, вновь подключив вакуум. После окончания фильтрования сперва отключают всю систему от вакуума и лишь после этого выключают водоструйный насос.

Для фильтрования в вакууме небольших количеств веществ применяют прибор на шлифах со стеклянным фильтром (рис. 2.2., б) или воронку со стеклянным гвоздиком (рис. 2.2., в). На шляпку гвоздика кладут бумажный фильтр несколько большего диаметра, чем размер шляпки.

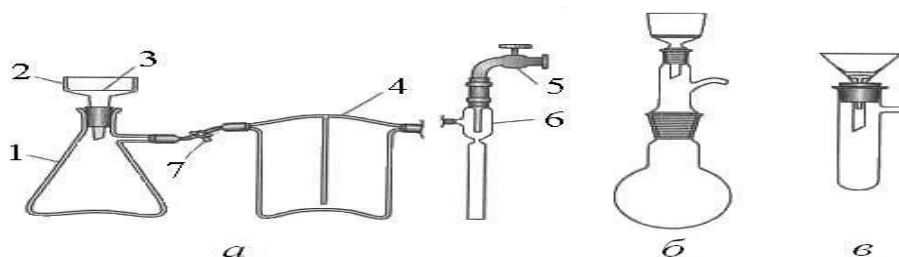


Рис. 2.2. Фильтрование в вакууме: а – обычный прибор (1 – колба Бунзена; 2 – воронка Бюхнера; 3 – бумажный фильтр; 4 – предохранительная склянка; 5 – водопроводный кран; 6 – водоструйный насос; 7 – трёхходовой кран); б – прибор для фильтрования на шлифах; в – прибор для фильтрования на воронке с гвоздиком.

Подсчитывают выход продукта после перекристаллизации в процентах. Определяют температуру плавления. Чистые органические вещества имеют постоянную температуру плавления (интервал 1-2⁰С).

Контрольные вопросы:

1. Основные органические соединения. Дайте понятия.
2. Опишите принцип работы установки для отсасывания кристаллических веществ от маточных растворов.
3. В чем сущность теории химического строения?
4. Какие химические элементы содержатся в органических веществах?
5. Из чего изготавливается воронка Бюхнера?

Лабораторная работа №3

Качественный анализ. Изучение простых методов качественного анализа в органических соединениях

Теоретическое обоснование.

Для обнаружения в составе органического соединения тех или иных элементов требуется разрушение его молекулы и перевод составляющих его элементов в простейшие соединения. Анализ элементного состава может проводиться как качественное определение элементов, входящих в состав органических соединений (С, Н, О, N, Р, S, Cl), так и количественное показывающее процентное содержание каждого элемента в анализируемом в органическом соединении. Присутствие тех или иных элементов в органическом соединении может быть обнаружено различными методами качественного анализа. Качественное определение углерода и водорода основано на сжигание органических веществ. При этом углерод окисляется до двуокиси углерода, а водород – до воды. Образующийся углекислый газ улавливается бариевой или кальциевой водой. Вода обнаруживается по появлению капель на холодных стенках пробирки или по изменению окраски (посинение) прокаленного белого порошка медного купороса.

Опыт 1. Определение органического вещества.

Цель работы. Доказать, что заданное вещество является органическим.

Реактивы. Сахароза, натрий хлористый.

Приборы и посуда. Металлический шпатель, горелка, стеклянная палочка;

Порядок выполнения работы. На кончик металлического шпателя помещают несколько кристалликов сахарозы или любого другого вещества и осторожно нагревают в пламени горелки. Сахароза расплавляется, темнеет, обугливается и полностью сгорает. Хлористый натрий, внесенный на кончике скальпеля в пламя горелки, даже при длительном нагревании не претерпевает никаких изменений.

Опыт 2. Открытие углерода и водорода.

Цель работы. Доказать наличие в испытуемом органическом веществе углерода и водорода.

Реактивы. Сахароза, оксид меди (CuO), 10%-ный раствор гидроксида бария или кальция ($\text{Ba}(\text{OH})_2$), покаленная сернокислая медь.

Приборы и посуда. Стеклоанная изогнутая трубка, пробирки.

Порядок выполнения работы. Работа выполняется на установке для открытия углерода и водорода (рис. 3.1). При накаливании органического вещества с оксидом меди, углерод, сгорая, образует углекислый газ, а водород – воду, которые и определяют. В сухую пробирку помещают около 2 г порошкообразного оксида меди, прибавляют исследуемое вещество – 0,5 г сахарозы.

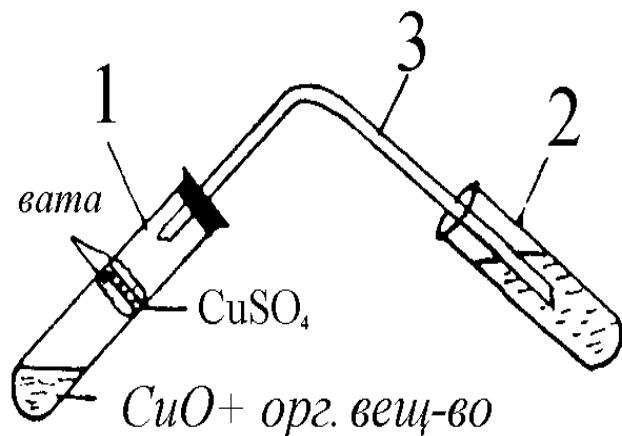
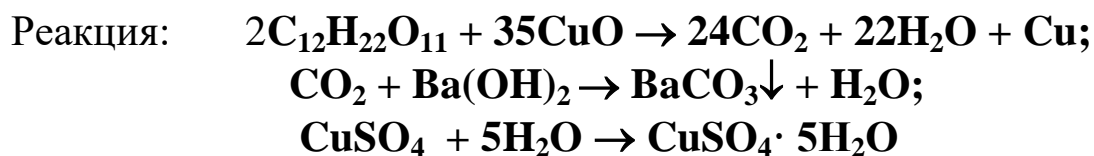


Рис. 3.1. Установка для открытия углерода и водорода; 1,2-пробирки; 3-стеклянная изогнутая трубка.

Смесь тщательно перемешивают, после чего в верхнюю часть пробирки помещают тонкий слой ваты, на который насыпают около 0,5 г безводной сернокислой меди. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, опущенной в другую пробирку, содержащую раствор гидроксида бария $\text{Ba}(\text{OH})_2$ или кальция – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковая вода) так, чтобы конец трубки едва касался жидкости. Затем осторожно нагревают находящийся в пробирке оксид меди с испытуемым веществом.

Образование капель воды на холодных стенках пробирки, посинение прокаленной серноокислой меди, вследствие образования кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, указывает на присутствие в органическом веществе водорода, помутнение раствора гидроксида бария вследствие выделения углекислого бария – на присутствие углерода. Оксид меди при этом восстанавливается до металлической меди.



Опыт 3. Открытие азота и серы

Зажигают волос или шерсть - ощущают своеобразный запах жженных волос, который дают некоторые органические вещества, содержащие азот.

Для открытия азота накаливанием испытуемого вещества с металлическим натрием переводят его в цианистый натрий. Для открытия серы ее переводят в сернистый натрий путем сплавления органического вещества с металлическим натрием.

Цель работы. Доказать наличие в исследуемом органическом веществе азота и серы.

Реактивы. Волос или шерсть, металлический натрий, 10%-ный раствор серноокислого железо-(II) (FeSO_4), 10%-ный раствор хлорного железа, 10%-ный раствор соляной кислоты (HCl), 10%-ный раствор уксуснокислого свинца ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$).

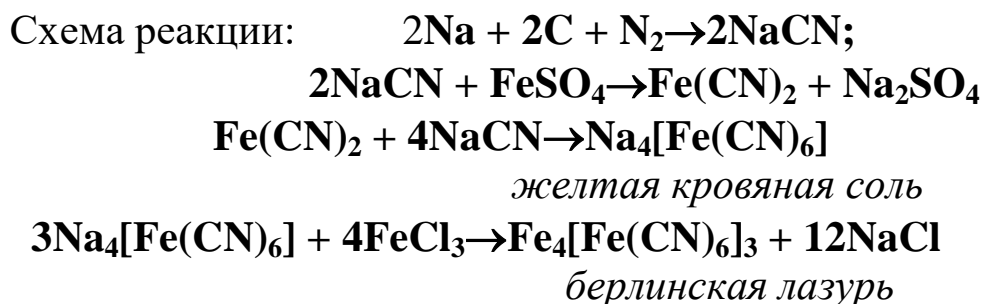
Приборы и посуда. Горелка, фарфоровая чашка, пробирки.

Порядок выполнения работы. В сухую пробирку помещают шерсть или волос, в которые вложен металлический натрий (с маленькую горошину) и накаливают 20-25 минут до сплавления в вытяжном шкафу на хорошем пламени горелки. Горячую пробирку осторожно опускают в маленькую фарфоровую чашку, в которую наливают 4-5 мл воды. (Эта операция делается в стороне от работающих, осторожно: может быть взрыв при действии на воду оставшегося металлического натрия). Пробирка от быстрого охлаждения обычно лопаается, и ее содержимое растворяется в воде. Жидкость отфильтровывают от обуглившихся частиц и стекла. Фильтрат разливают в две пробирки, для определения в одной азота, в другой – серы.

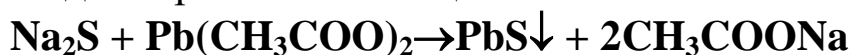
Для определения азота в пробирку с фильтратом прибавляют несколько капель (3-4) раствора серноокислого железа, а затем хлорного

железа, смесь взбалтывают и подкисляют 10%-ным раствором соляной кислоты (проба синей лакмусовой бумажкой).

При наличии азота в испытуемом веществе получается голубое или синее окрашивание жидкости, и при стоянии – осадок Берлинской лазури.



Во вторую пробирку с фильтратом прибавляют 2-3 капли раствора уксуснокислого свинца. Наличие серы в веществе подтверждается выпадением осадка сернистого свинца.



Опыт 4. Открытие галогенов по методу А.В. Степанова.

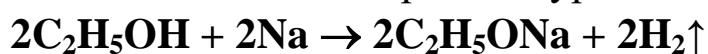
Характерную реакцию с азотнокислым серебром галогены дают только в том случае, если они находятся в ионном состоянии. Поэтому испытуемое галогенсодержащее органическое вещество предварительно переводят в ионное состояние, что достигается, например, действием на него водорода в момент выделения. Водород же в момент его выделения получают при действии металлического натрия на спирт.

Цель работы. Доказать наличие галогенов в испытуемом органическом веществе.

Реактивы. Хлороформ, натрий металлический, этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), азотнокислое серебро (AgNO_3) (5%-ный раствор), 10% ный раствор азотной кислоты (HNO_3).

Приборы и посуда. Пробирки.

Порядок выполнения работы. В пробирку наливают 2-3 мл этилового спирта, прибавляют несколько капель хлороформа и добавляют 1-2 кусочка (с горошину) металлического натрия, который немедленно начинает реагировать с спиртом, с образованием алкоголята натрия и выделением водорода по уравнению:



Образующийся водород реагирует с хлороформом, разлагая его по уравнению: $\text{CHCl}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{HCl}$

Хлористый водород реагирует далее с алкоголятом, образуя спирт и хлористый натрий: $C_2H_5ONa + HCl \rightarrow C_2H_5OH + NaCl$

Спирт помутнел от образовавшегося хлористого натрия, трудно растворимого в спирте. После прекращения выделения пузырьков газа (водорода), разбавляют содержимое пробирки дистиллированной водой (осторожно! помни – натрий – вода), подкисляют азотной кислотой и добавляют несколько капель азотнокислого серебра. Появление в пробирке белой мути указывает на наличие в исследуемом веществе хлора, который в кислой среде образует с азотнокислым серебром бурый творожистый осадок хлористого серебра: $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$

При наличии в исследуемом веществе брома осадок бромистого серебра имеет желтоватую окраску, а при наличии йода выпадает осадок йодистого серебра желтого цвета.

Опыт 5. Открытие галогенов по Бейльштейну (по зеленой окраске пламени).

Цель работы. Доказать наличие в исследуемом органическом веществе галогена.

Реактивы. Галогеносодержащее органическое вещество (например, хлороформ, медная проволока).

Приборы и посуда. Горелка, пробирки.

Порядок выполнения работы. Для обнаружения по Бейльштейну галогена в молекуле органического соединения переводят галоген в неорганическое соединение путем прокалывания его с оксидом меди, при этом галоген с медью образует соли, которые при нагревании летучи и их пары окрашивают пламя горелки. Медную проволоку с петлей на конце нагревают в пламени горелки до исчезновения посторонней окраски пламени. После этого петлю смачивают хлороформом и вновь помещают в пламя. Пламя становится ярко-зеленым, что указывает на наличие хлора, образующего с медью летучее соединение.

Контрольные вопросы:

1. С помощью каких химических реакций можно отличить органическое вещество от неорганического?
2. Как доказать наличие в испытуемом органическом веществе углерода и водорода?
3. Как доказать наличие в испытуемом органическом веществе азота и серы?

4. Как доказать наличие в испытуемом органическом веществе галогенов?
5. Чем отличаются открытия галогенов по методу Степанова от метода по Бейльштейну?

Лабораторная работа № 4

Проведение характерных опытов углеводородов.

Синтез метана, этилена и ацетилена

Теоретическое обоснование.

Алканами называются углеводороды с насыщенной одинарной связью между углеродными атомами. Первым представителем этого класса является метан. Предельные углеводороды являются инертными и с трудом вступают в химические взаимодействия из-за предельности или насыщенности внутримолекулярных связей.

Алкенами называются углеводороды с двойной связью между соседними атомами углерода. Алкены являются непредельными углеводородами. Их свойства можно рассматривать на примере этилена. Этилен – химически активное вещество и в природе в свободном виде не встречается.

Алкинами называются углеводороды с тройной связью между соседними углеродными атомами. Первым представителем группы алкинов является ацетилен. Все реакции идут при нагревании, так как необходимо разрушение π -связей в молекулярном строении алкинов.

Опыт 1. Получение метана и его свойства.

Цель работы. Получить метан и доказать его предельный характер.

Реактивы. Уксуснокислый натрий (CH_3COONa), безводный; натронная известь, марганцевокислый калий (KMnO_4 1%-ный раствор), бромная вода (Br_2).

Приборы и посуда. Штатив с лапкой, пробирки, кристаллизатор, изогнутая стеклянная трубка.

Порядок выполнения работы. Работа выполняется на установке для получения метана (рис. 4.1). В сухую пробирку насыпают смесь, состоящую из одной части обезвоженного уксуснокислого натрия с двумя частями, предварительно прокаленной, натронной извести (например, 0,5 г CH_3COONa и 1 г натронной извести). Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой. Постукивая по пробирке,

равномерно размещают смесь и пробирку закрепляют в штатив с небольшим наклоном в сторону пробки. Затем пробирку нагревают пламенем горелки, вначале осторожно, затем сильнее. При нагревании образуется метан – газообразный продукт, который пропускают в отдельные, заранее приготовленные пробирки с бромной водой и с раствором марганцевокислого калия. Окраска бромной воды и раствора марганцевого калия не изменяется, что указывает на неспособность метана к бромированию и окислению в этих условиях. Не прекращая нагревание, собирают выделяющийся газ. Для этого пустую пробирку наполняют газом. Не вынимая пробирку из воды, закрывая ее пальцем, поднося к огню, поджигают газ. Метан можно поджечь и у выхода из газоотводной трубки после пропускания в растворы бромной воды и марганцевокислого калия. Метан загорается у отверстия пробирки синим некоптящим пламенем, постепенно продвигающимся вглубь пробирки.

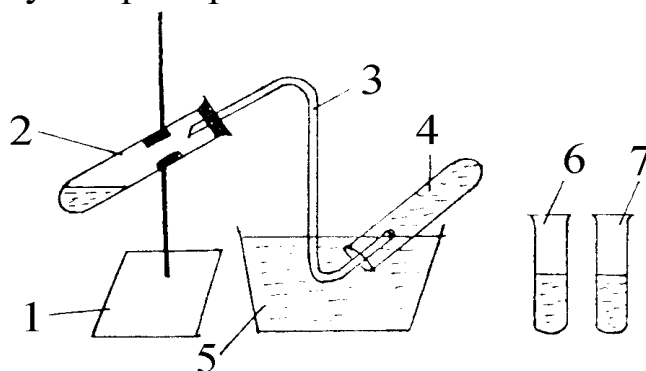


Рис. 4.1. Установка для получения метана.

1-штатив; 2-пробирка с реакционной смесью; 3-изогнутая стеклянная трубка; 4-пробирка для собирания метана; 5-кристаллизатор с водой; 6-пробирка с бромной водой; 7-пробирка с раствором марганцевокислого калия.

Схема реакции: $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

Уравнение реакции горения метана: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Опыт 2. Получение этилена.

Цель работы. Получить этилен в лабораторных условиях.

Реактивы. 96%-ный этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), серная кислота (H_2SO_4 конц.).

Приборы и посуда. Штатив с лапкой, кристаллизатор, изогнутая стеклянная трубка, пробирки.

Порядок выполнения работы. Работа выполняется на установке для получения этилена (рис. 4.2).

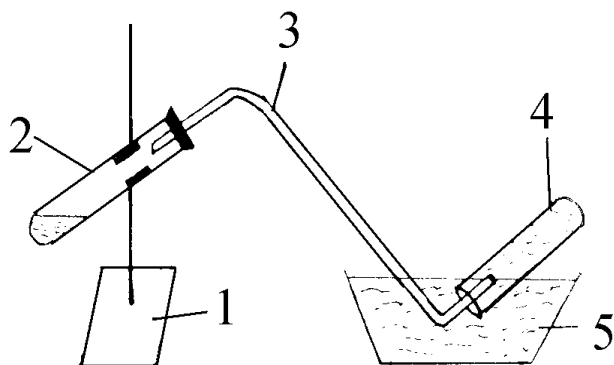
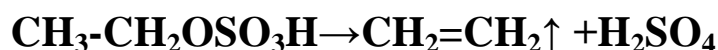


Рис. 4.2. Установка для получения этилена.

1-штатив; 2-пробирка с реакционной смесью; 3-изогнутая стеклянная трубка; 4-пробирка для собирания этилена; 5-кристаллизатор с водой.

В широкую пробирку наливают 6 мл заранее приготовленной смеси из разных объемов спирта и концентрированной серной кислоты. В жидкость прибавляют немного морского песка или осколков пористого фарфора для равномерного кипения. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, укрепляют в штативе под углом 45° и осторожно нагревают. Из реакционной смеси выделяется этилен.

Схема реакции: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{HOSO}_3\text{H} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OSO}_3\text{H} + \text{H}_2\text{O}$
этилсерная кислота



Опыт 3. Качественные реакции на двойную связь.

Цель работы. Доказать неопределенный характер этилена, его способность к реакциям присоединения и окисления.

Реактивы. Этилен (получение выше), бромная вода (Br_2), марганцевокислый калий – (KMnO_4 1%-ный раствор).

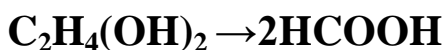
Приборы и посуда. Штатив, пробирки.

Порядок выполнения работы. Выделяющийся этилен (опыт 1.) последовательно пропускают в пробирку с бромной водой и затем с раствором марганцевокислого калия, содержимое пробирок обесцвечивается.

Бромная вода обесцвечивается вследствие присоединения брома по месту двойной связи с образованием бромистого этилена (дибромэтана): $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2\text{Br}$

Фиолетовая окраска раствора марганцовокислого калия исчезает, т.к. происходит окисление этилена (реакция Вагнера). В первую стадию окисления этилена образуется двухатомный спирт – этиленгликоль,

$3\text{C}_2\text{H}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$,
который при более энергичном окислении образует две молекулы кислоты (муравьиной):



Опыт 4. Горение этилена.

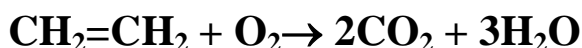
Цель работы. Доказать горение этилена, как представителя органических веществ.

Реактивы. Этилен (получение выше).

Приборы и посуда. Штатив, спиртовая лампа, пробирки.

Порядок выполнения работы. Выделяющийся этилен (опыт 1.) поджигают у конца газоотводной трубки (или предварительно собирают его в пробирку над водой, как в опыте с метаном).

Этилен горит светящимся пламенем:



Контрольные вопросы:

1. Какие углеводороды называют непредельными?
2. Расскажите о получении этилена в лабораторных условиях.
3. Что происходит с метаном при пропускании его через бромную воду и марганцевокислый калий?
4. Что представляет собой бензин?
5. Как взаимодействует бензин с концентрированной серной и азотной кислотами?

Лабораторная работа № 5

Проведение характерных опытов спиртов и фенолов

Теоретическое обоснование.

Спиртами, или алкоголями, называют гидроксильные производные углеводородов. Спирты могут быть предельные и непредельные. Атомность спиртов определяется числом гидроксильных групп (-ОН).

Фенолы – органические соединения, в молекулах которых гидроксильная

группа непосредственно связана с атомом углерода ароматического ядра, т.е.

образует σ -связь с sp^2 -гибридизованной орбиталью углеродного атома.

Ароматические спирты содержат гидроксильную группу в боковой цепи. Фенолы проявляют значительно большую кислотность, чем спирты или вода:



Реакции электрофильного замещения у фенолов протекает легче, чем у ароматических углеводородов.

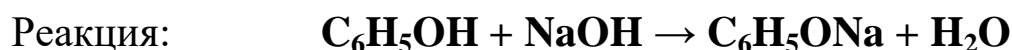
Опыт 1. Образование фенолята натрия.

Цель работы. Получить фенолят натрия.

Реактивы. Фенол кристаллический, едкий натрий, (NaOH-10%-ный раствор).

Приборы и посуда. Штатив, пробирки.

Порядок выполнения работы. В пробирку помещают около 0,5 г кристаллического фенола и прибавляют 5 мл 10%-ного раствора едкого натрия (NaOH). Фенол полностью растворяется в растворе едкого натрия с образованием прозрачного раствора фенолята натрия.



Опыт 2. Реакция фенола с хлорным железом.

Цель работы. Показать взаимодействие фенола с хлорным железом.

Реактивы. 1%-ный водный раствор фенола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), хлорное железо (FeCl_3).

Приборы и посуда. Штатив, бюретка, пробирки.

Порядок выполнения работы. В пробирку помещают 2 мл водного раствора фенола и добавляют несколько капель 1%-ного раствора хлорного железа. Образуется интенсивное фиолетовое окрашивание. Это – качественная реакция на фенолы.



Опыт 3. Взаимодействие фенола с бромом.

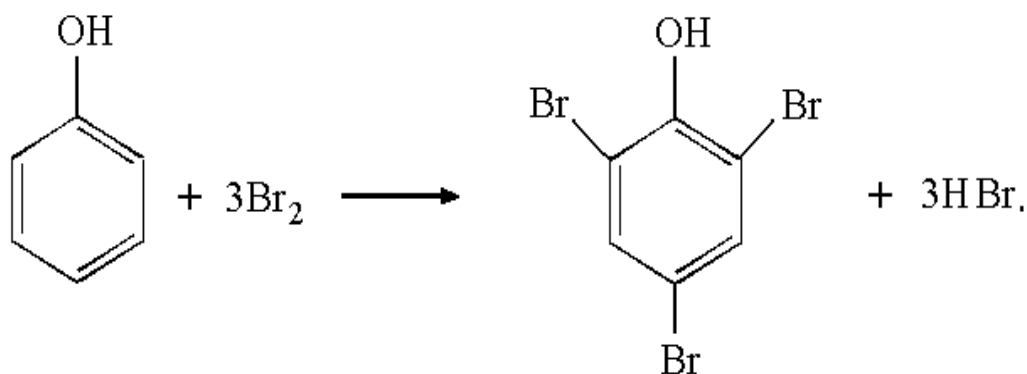
Цель работы. Показать бромирование фенола.

Реактивы. Фенол (C_6H_5OH), бромная вода (Br_2).

Приборы и посуда. Штатив, бюретка, пробирки.

Порядок выполнения работы. К 2 мл водного раствора фенола добавляют по каплям бромную воду. Образующаяся сначала муть при встряхивании с бромной водой исчезает, при дальнейшем добавлении бромной воды (3-4 мл) выделяется обильный белый осадок трибромфенола с характерным запахом

Реакция:



Контрольные вопросы.

1. Какие углеводороды называют спиртами?
2. Как различаются спирты?
3. Какие углеводороды называют фенолами?
4. Как протекают реакции электрофильного замещения у фенолов?
5. Назовите химические свойства спиртов и фенолов

Лабораторная работа № 6

Реакция этерификации этилового спирта с уксусной кислотой

Теоретическое обоснование.

Сложными эфирами называются органические соединения, полученные реакцией этерификации – взаимодействием карбоновых кислот со спиртами в присутствии сильных минеральных кислот, так как ионы водорода оказывают каталитическое действие.

Реакции кислот со спиртами, ведущие к образованию сложных эфиров, называют реакциями этерификации (лат. aether – эфир).

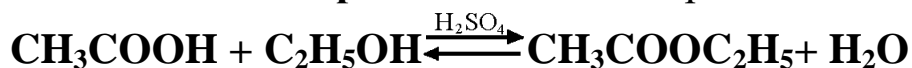
Опыт 1. Образование эфиров.

Цель работы. Получение этилового эфира уксусной кислоты.

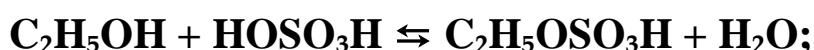
Реактивы: уксусная кислота (ледяная – CH_3COOH), 96%-ный этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), серная кислота ($\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}$), углекислый натрий (Na_2CO_3), сернокислый натрий (Na_2SO_4 безв.), хлористый кальций (CaCl_2).

Приборы и посуда. Термометр, пробки, нагревательная плитка, штатив, колба Вюрца, капельная воронка.

Порядок выполнения работы. Основная реакция:



Реакция идет по ступеням



Побочная реакция:



В перегонную колбу Вюрца емкостью 100 мл помещают 15 мл спирта и затем осторожно при перемешивании приливают такой же объем концентрированной серной кислоты. Колбу закрывают пробкой со вставленной капельной воронкой и термометром, шарик которого опущен в жидкость. Колбу соединяют с длинным холодильником и нагревают над плиткой до 110-120°C. В нагретую смесь постепенно приливают из капельной воронки смесь 30 мл спирта и 30 мл ледяной уксусной кислоты. Приливание ведут с такой же скоростью, с какой отгоняется образующийся эфир.

По окончании реакции дистиллят для удаления не вошедшей в реакцию уксусной кислоты взбалтывают с насыщенным раствором углекислого натрия до тех пор, пока синяя лакмусовая бумажка, опущенная в верхний слой эфира, не перестанет краснеть. Раствор углекислого натрия следует прибавлять постепенно, так как жидкость сильно вспенивается выделяющимся углекислым газом.

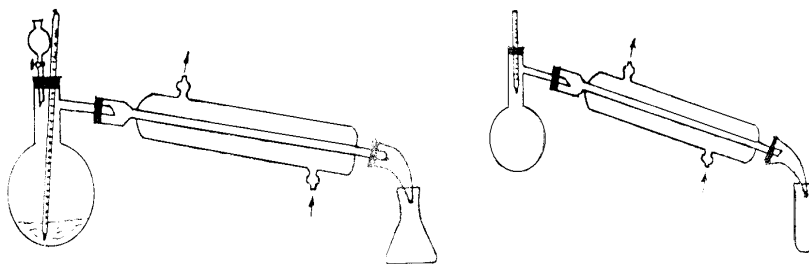


Рис.6.1. Установка для получения уксусно-этилового эфира.

Затем смесь переливают в делительную воронку и отделяют нижний водный слой, а верхний эфирный слой встряхивают с насыщенным раствором хлористого кальция (8 г хлористого кальция в 8 мл воды) для удаления примеси этилового спирта. Снова выделяют верхний эфирный слой и сушат его безводным сернокислым натрием. После высушивания продукт перегоняют на водяной бане, собирая фракцию при температуре 75-78°C.

Контрольные вопросы.

1. Какие органические вещества называются сложными эфирами?
2. Как называется реакция получения сложного эфира?
3. Где встречаются эфиры?
4. Из каких органических соединений получают эфиры?
5. Назовите химические свойства уксусно-этилового эфира.

Лабораторная работа № 7

Проведение характерных опытов карбонильных соединений и карбоновых кислот

Синтез формальдегида и уксусного ангидрида

Теоретическое обоснование.

Альдегидами называются органические соединения, имеющие в своем строении карбонильную группу – СНО, присоединенную к углеводородному радикалу. Название альдегидов получено от тех кислот, в которые они превращаются при окислении. Так, муравьиный альдегид, или формальдегид, получил название от муравьиной кислоты, которая образуется при его окислении (латинское название муравья - formica); уксусный альдегид, называемый также ацетальдегидом, - от уксусной кислоты и т.д.

Опыт 1. Получение уксусного альдегида.

Цель работы. Получить уксусный альдегид и провести качественную реакцию его с фуксинсернистой кислотой.

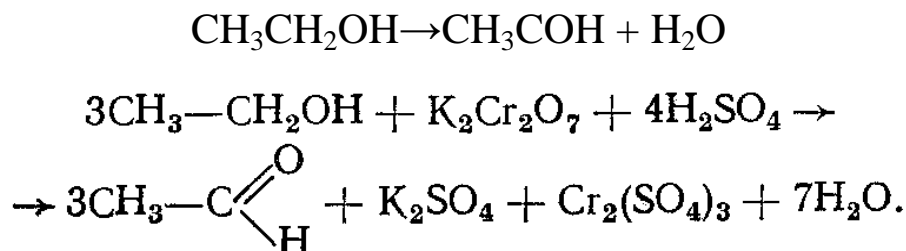
Реактивы: Этиловый спирт (C_2H_5OH), 5%-ный раствор бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$), 20%-ный раствор серной кислоты (H_2SO_4), фуксинсернистая кислота.

Приборы и посуда. Газоотводная трубка, пробки, пробирки, нагревательная плитка.

Порядок выполнения работы. В 2 мл 5%-ного раствора бихромата калия приливают 1 мл 20%-ного раствора серной кислоты и 0,5 мл этилового спирта. Осторожно нагревают полученную смесь.

Оранжевый цвет раствора переходит в зеленый, что указывает на восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного, ощущается характерный запах альдегида. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой и опускают в пробирку с фуксинсернистой кислотой: раствор фуксинсернистой кислоты окрашивается в красно-фиолетовый цвет.

Схемы реакции:



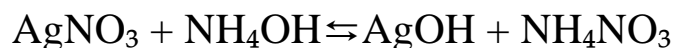
Опыт 2. Реакция серебряного зеркала – восстановление альдегидами соединений серебра.

Цель работы. Показать способность альдегидов жирного ряда легко окисляться до соответствующих карбоновых кислот с тем же числом углеродных атомов в молекуле.

Реактивы. Уксусный альдегид (CH_3CHO), 2%-ный водный раствор азотнокислого серебра (AgNO_3), 2%-ный водный раствор аммиака.

Приборы и посуда. Спиртовая лампа, пробирки.

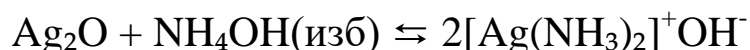
Порядок выполнения работы. В чистую пробирку наливают 2-3 мл раствора азотнокислого серебра, прибавляют по каплям водный аммиак до растворения первоначально образовавшегося осадка гидроксида серебра. Добавляют 2-3 капли альдегида и нагревают до кипения.



Гидроксид серебра существует только в растворе, по насыщении раствора аммиаком она выделяется, распадаясь на оксид серебра и воду:



Нерастворимый оксид серебра в присутствии избытка аммиака переходит в раствор в виде аммиачного комплекса:



Выделяется серое металлическое серебро, образующее зеркало на стенках пробирки:



Опыт 3. Реакция с фелинговой жидкостью – восстановление альдегидами гидроксида меди.

Цель работы. Показать окисление карбонильной группы на альдегидах жирного ряда.

Реактивы. Фелинговая жидкость (1 и 2 растворы), уксусный альдегид (СН₃СНО).

Приборы и посуда. Спиртовая лампа, пробирки.

Порядок выполнения работы. В чистую пробирку прибавляют равные объемы (например, по 2 мл первого и второго раствора фелинговой жидкости и затем 3-4 капли уксусного альдегида). Полученную смесь нагревают до кипения, образуется желтый осадок гидрата закиси меди Cu(OH)₂, переходящий в красный – закиси меди Cu₂O.



Контрольные вопросы.

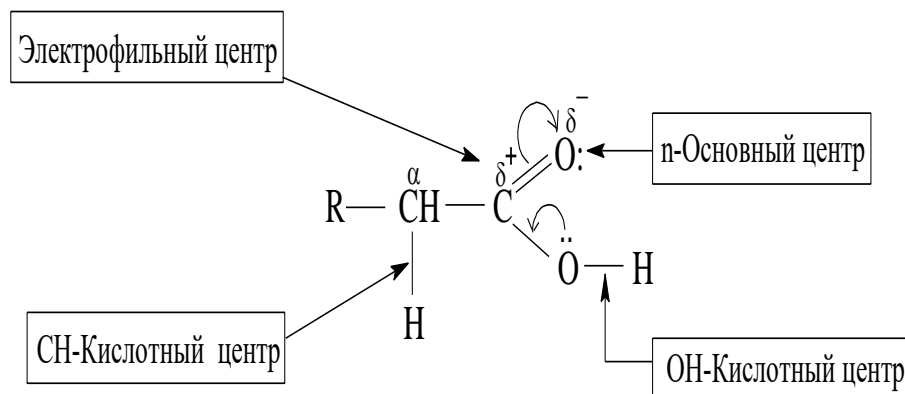
1. Какие углеводороды называют альдегидами и кетонами?
2. Какая разница между альдегидами и кетонами?
3. Как получают уксусный альдегид?
4. Напишите основные реакции получения уксусного альдегида.
5. При какой температуре кипит уксусный альдегид?

Лабораторная работа № 8

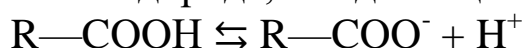
Проведение характерных опытов карбоновых кислот.

Теоретическое обоснование

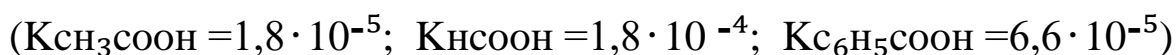
Органические карбоновые кислоты характеризуются наличием карбоксильной группы (–COOH). Они могут быть предельными и непредельными, а по числу карбоксильных групп – одно-, двух- и многоосновными. Ароматические карбоновые кислоты – производные бензола, содержащие карбоксильные группы, непосредственно связанные с углеродными атомами бензольного ядра или в боковой цепи. Ярко выраженный кислотный характер карбоновых кислот объясняется взаимным влиянием атомов в карбоксильной группе; электронная плотность в ней сменена в сторону наиболее электрофильного атома – кислорода:



Такое смещение ослабляет связь между кислородом и водородом и облегчает отделение иона водорода, т.е. диссоциацию кислоты:



Монокарбоновые ароматические кислоты в водных растворах обнаруживают большую степень диссоциации, чем кислоты жирного ряда.



Опыт 1. Растворимость кислот в воде.

Цель работы. Показать зависимость растворимости карбоновых кислот в воде от их строения.

Реактивы. Уксусная кислота (CH_3COOH), масляная кислота ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$), стеариновая кислота ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$), бензойная кислота ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$).

Приборы и посуда. Держатель пробирок, спиртовая лампа, пробирки.

Порядок выполнения работы. В 5 пробирок помещают по 0,5 мл или щепотку каждой из исследуемых кислот, добавляют по 2 мл воды и взбалтывают. Если кислота не растворяется, пробирку нагревают. Горячие растворы охлаждают, уксусная, масляная кислоты хорошо растворяются в воде, смешиваются с ней во всех отношениях, стеариновая кислота – высокомолекулярная – не растворяется в воде. Бензойная кислота растворяется в воде при нагревании.

Опыт 2. Кислотные свойства карбоновых кислот.

Цель работы. С помощью индикатора установить кислый характер растворов карбоновых кислот.

Реактивы. Уксусная кислота, метилоранж, лакмусовая бумага.

Приборы и посуда. Пробирки.

Порядок выполнения работы. В пробирки вносят по 2-3 капли уксусной кислоты, добавляют по 1 мл воды и 1-2 капли раствора

метилоранжа. С метилоранжем растворы карбоновых кислот дают красное окрашивание. Синяя лакмусовая бумага при нанесении на нее капли уксусной кислоты краснеет.

Опыт 3. Получение уксусно-изоамилового эфира.

Цель работы. Реакцией этерификации получить сложный эфир - уксусно-изоамиловый.

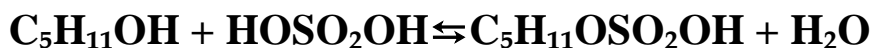
Реактивы. Изоамиловый спирт, уксусная кислота (CH₃COOH-ледяная), серная кислота (H₂SO₄конц.).

Приборы и посуда. Спиртовая лампа, водяная баня, пробирки.

Порядок выполнения работы. В большой пробирке смешивают 3 мл уксусной кислоты с 5 мл изоамилового спирта и добавляют 2 мл концентрированной серной кислоты. Разогревшуюся смесь нагревают на водной бане (без холодильника) в течение 20 минут. Охладив затем пробирку, выливают потемневшую жидкость в 20 мл воды с кусочками льда, отделяют всплывший слой эфира, промывают его раствором соды, сушат с сульфатом натрия или хлористым кальцием.

Основная реакция: $C_5H_{11}OH + CH_3-COOH \rightarrow CH_3COOC_5H_{11} + H_2O$

Реакция идет по ступеням:



Опыт 4. Получение уксусно-этилового эфира.

Цель работы. Реакцией этерификации получить уксусно-этиловый эфир.

Реактивы. Этиловый спирт (C₂H₅OH), уксусная кислота (CH₃COOH-ледяная), серная кислота (H₂SO₄конц.).

Приборы и посуда. Спиртовая лампа, пробирки.

Порядок выполнения работы. В большую пробирку помещают 5 мл смеси разных объемов этилового спирта и серной кислоты (смесь готовится заранее). Прибавляют 3 мл уксусной кислоты и слабо нагревают в течение 5 минут. Затем содержимое пробирки разбавляют водой и добавляют немного раствора соды (для нейтрализации кислоты). Образование уксусно-этилового эфира обнаруживается по его приятно-освежающему запаху.

Основная реакция: $C_2H_5OH + CH_3-COOH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

Реакция идет по ступеням:





Контрольные вопросы.

1. Какие кислоты называются карбоновыми?
2. Написать общую формулу карбоновых кислот.
3. Написать несколько гомологов метановой кислоты.
4. Какую основность имеет щавелевая кислота?
5. Назовите область применения уксусной кислоты.

Лабораторная работа № 9

Проведение характерных опытов углеводов, аминокислот и белков. Гидролиз сахарозы

Теоретическое обоснование.

Углеводы (сахара) – соединения состава $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ – самые распространенные органические вещества на Земле. Они имеют большое значение в живой природе (в животном и растительном мире) как источники энергии в процессах метаболизма, структурные компоненты клеточных стенок растений, бактерий и входят в состав жизненно важных веществ (нуклеиновые кислоты, витамины и др.).

Глюкоза – органическое соединение, является альдегидоспиртом. Глюкоза сладкая на вкус, содержится в плодах, ягодах. Общая формула $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, структурная формула $\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CHO}$.

Аминокислоты – органические соединения, содержащие в молекуле два типа функциональных групп: карбоксильную — COOH , и аминогруппу — NH_2 , т.е. относятся к гетерофункциональным соединениям. Аминокислоты играют огромную роль в жизни животных и растительных организмов, так как являются теми структурными элементами, из которых построены молекулы важнейшего природного полимера – белка – основы всего живого.

Белки – высокомолекулярные нелетучие соединения, не растворимые в обычных растворителях, те белки, которые растворяются в воде, дают коллоидные растворы. При сжигании белки обугливаются и при этом появляется характерный запах жженого рога. Для обнаружения обычно используют следующие цветные реакции.

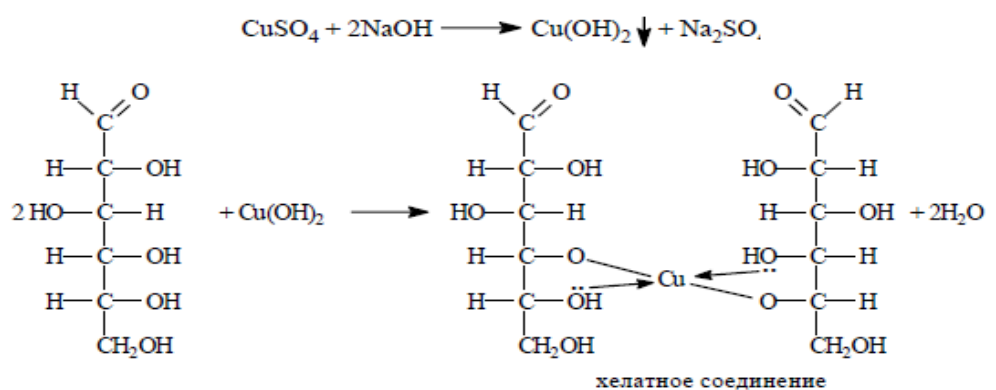
Опыт 1. Проведение опыта над глюкозой.

Цель работы. Доказать наличие гидроксильных групп в глюкозе.

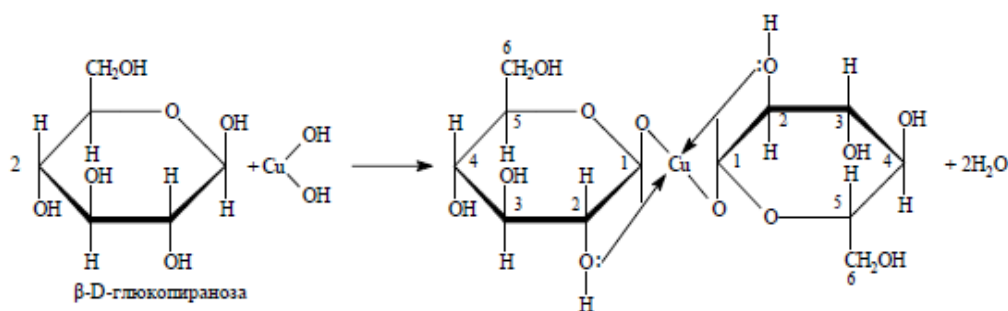
Реактивы: 2н раствор гидроксида натрия (NaOH), 0,2н раствор сульфата меди (CuSO_4), 0,5% раствор глюкозы.

Приборы и посуда. Пробирки.

Порядок выполнения работы. В пробирку внесите 6 капель раствора гидроксида натрия и 2 капли раствора сульфата меди. К полученной смеси добавьте 3 капли раствора глюкозы. Образующийся вначале осадок гидроксида меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ немедленно растворяется и получается прозрачный раствор сахарата меди с синей окраской. Растворение гидроксида меди-(II) указывает на наличие нескольких гидроксильных групп в глюкозе.



ИЛИ



Опыт 2. Отношение аминокислот к индикаторам.

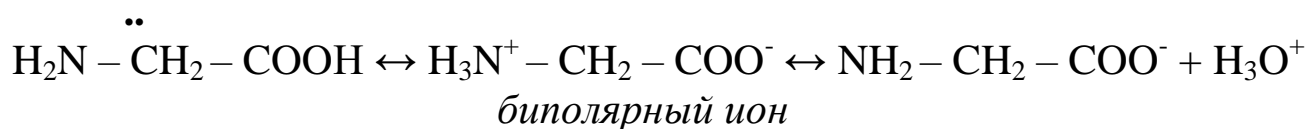
Цель работы. Воздействие индикаторов к аминокислотам.

Реактивы и оборудование: 1% раствор глицина ($\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$), 1% раствор аланина, универсальная индикаторная бумага.

Приборы и посуда. Пробирки.

Порядок выполнения работы. Определите с помощью индикаторной бумаги значение pH растворов глицина и аланина. Какая реакция данных растворов?

Ход реакции:



Раствор глицина имеет слабокислую реакцию среды (pH~6,1), т.к. в биполярном ионе кислотность – NH₃⁺ группы несколько больше основности группы — COO⁻.

Опыт 3. Реакция аминокислот с азотистой кислотой.

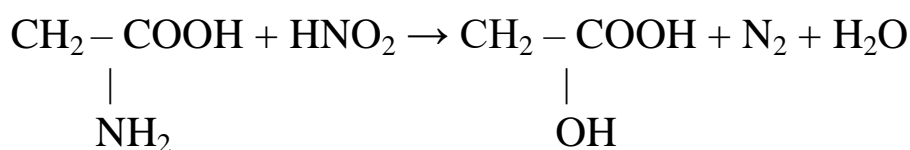
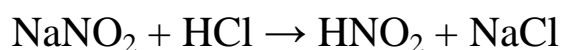
Цель работы: Провести опыты по аминокислотам.

Реактивы и оборудование: 1% раствор глицина (NH₂ – CH₂ – COOH), раствор нитрита натрия (NaNO₂), концентрированная соляная кислота (HCl).

Приборы и посуда. Пробирки.

Порядок выполнения работы: в пробирку внесите 5 капель раствора глицина и 5 капель нитрита натрия. Добавьте 2 капли концентрированной соляной кислоты и осторожно взболтайте. Наблюдается выделение пузырьков газа и образование оксикислоты.

Ход реакции:



гликолевая кислота

Ксантопротеиновая реакция. Белок с концентрированной азотной кислотой дает желтое окрашивание. Желтые пятна, образующиеся на коже при неаккуратной работе с концентрированной азотной кислотой – результат ксантопротеиновой реакции с белками кожи.

Биуретовая реакция. При прибавлении к раствору белка, едкого натра и нескольких капель разбавленного раствора сернокислой меди получается фиолетовое окрашивание. Этой реакцией часто пользуются для качественного открытия белка.

Опыт 4. Биуретовая реакция.

Цель работы. Показать биуретовую реакцию.

Реактивы. Раствор 10%-ной щелочи (NaOH), 5%-ный водный раствор меди сернокислого (CuSO₄), 10%-ный водный раствор яичного белка.

Приборы и посуда. Спиртовая лампа, пробирки.

Порядок выполнения работы. В пробирку прибавляют 2 мл 10%-ного водного раствора яичного белка, затем добавляют 1 мл 10%-ной щелочи и несколько капель раствора сернокислой меди. Содержимое пробирки встряхивают. Появление фиолетового окрашивания указывает на положительную реакцию.

При осторожном кипячении фиолетовая окраска приобретает красноватый оттенок, что указывает на частичный гидролиз белка с образованием пептонов и полипептидов, дающих с сернокислой медью в щелочной среде розовую окраску.

Опыт 5. Гидролиз сахарозы.

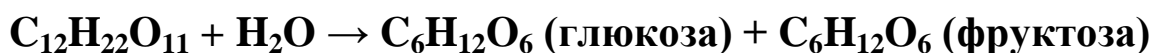
Цель работы. Показать гидролиз сахарозы.

Реактивы: 1% раствор сахарозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$), 2н раствор соляной кислоты (HCl), 2н раствор гидроксида натрия (NaOH), 0,2н раствор сульфата меди ($CuSO_4$).

Приборы и посуда. Электроплитка, водяная баня, пробирки.

Порядок выполнения работы. Наливают в 2 пробирки по 8-10 мл раствора сахарозы и в одну из пробирок добавляют 3-4 капли разбавленной HCl. Обе пробирки нагревают одновременно на кипящей водяной бане 10-15 мл, затем охлаждают и прибавляют в каждую из них щелочь NaOH и раствор $CuSO_4$. Отмечают различие в результатах реакций в растворе сахарозы, нагреваемой с кислотой.

При гидролизе сахароза расщепляется с образованием глюкозы и фруктозы.



Контрольные вопросы.

1. Дайте определение и приведите классификацию углеводов.
2. Химические свойства глюкозы, сахарозы.
3. Какие вещества называют белками?
4. Белки как природные полипептиды. Структуры белка.
5. Как проходит гидролиз сахарозы?

Литература

Основная литература

1. Абдусаматов А., Мирзаев Р., Зияев Р. Органическая химия. – Т.: Укитувчи. 2002. – 242 с.
2. Березин Б.Д., Березин Д.Б. Курс современной органической химии. М.: Высшая школа. 2003. -768 с.
3. Organic Chemistry. With Biological Applications. John McMurry. Cornell University 3rd Edition. <http://www.cff.org>. www.cengage.com/highered. с.2015, 2011. Cengage Learning WCN: 02-200-203. p-1309.
4. Шохидоятов Х.М., Хужаниёзов Х.У., Тожимухамедов Х.С. Органическая химия. Учебник. –Т.: Фан ва технологиялар, 2014. - 800 с.

Дополнительная литература

5. Артеменко А.И. Органическая химия. -М.: Химия, 2002. -848 с.
6. Травень В.Ф. Органическая химия в 2-х т. -М.: ИКЦ Академкнига, 2004. Т.1. -727с., Т.2. -582 с.
7. Эшмухамедов М.А., Туробджонов С.М., Абидов Б.О., Азимов О.Г. Методическое пособие «Органическая химия». -Т.: ТашГТУ. 2007.

Интернет сайты

8. <http://www.muotr.ru/newht>
9. <http://www.softline.ua/pr>
10. <http://www.chem.msu.su/ru>
11. <http://chem.kstu.ru/butlerov>
12. <http://goodgoods.ru/shop/book.html>

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	3
<i>Практическое занятие №1.</i> Гибридизация. Основные классы органических соединений. Алканы	4
<i>Практическое занятие №2.</i> Алкены. Циклоалканы	7
<i>Практическое занятие №3.</i> Алкины и алкадиены	10
<i>Практическое занятие №4.</i> Арены. Ароматические углеводороды.....	13
<i>Практическое занятие №5.</i> Галогенсодержащие соединения	16
<i>Практическое занятие №6.</i> Одно-, двух- и многоатомные спирты	19
<i>Практическое занятие №7.</i> Альдегиды и кетоны	22
<i>Практическое занятие №8.</i> Карбоновые кислоты и их функциональные производные	24
<i>Практическое занятие №9.</i> Углеводы. Аминокислоты. Гетероциклические соединения и полимерные материалы	27
<i>Лабораторная работа № 1.</i> Правила техники безопасности. Ознакомление с лабораторным оборудованием и посудой. Результаты наблюдений рабочих процессов, выводы и доказательства.....	30
<i>Лабораторная работа №2.</i> Методы очистки органических соединений. Фракционная перегонка бензина. Кристаллизация, сублимация бензойной кислоты.....	37
<i>Лабораторная работа №3.</i> Качественный анализ. Изучение простых методов качественного анализа в органических соединениях.....	39
<i>Лабораторная работа №4.</i> Проведение характерных опытов углеводородов. Синтез метана, этилена и ацетилен.....	44
<i>Лабораторная работа №5.</i> Проведение характерных опытов спиртов и фенолов	47
<i>Лабораторная работа №6.</i> Реакция этерификации этилового спирта с уксусной кислотой.....	49
<i>Лабораторная работа №7.</i> Проведение характерных опытов карбонильных соединений и карбоновых кислот. Синтез формальдегида и уксусного ангидрида.....	51
<i>Лабораторная работа №8.</i> Проведение характерных опытов карбоновых кислотам	53
<i>Лабораторная работа №9.</i> Проведение характерных опытов углеводов, аминокислот и белков. Гидролиз сахарозы	56
<i>Литература</i>	60

Редактор Ахметжанова Г.М.