

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.06 Органическая химия

Направление подготовки: 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза»

Профиль подготовки: Ветеринарно-санитарная экспертиза

Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция № 1 Насыщенные алифатические углеводороды: алканы.....	3
1.2 Лекция № 2 Спирты: классификация, способы получения и химические свойства.....	6
1.3 Лекция № 3 Фенолы: классификация, способы получения, химические свойства.....	8
1.4 Лекция № 4 Альдегиды и кетоны. Способы получения и химические свойства.....	10
1.5 Лекция № 5 Карбоновые кислоты: классификация, способы получения, химические свойства.....	14
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	16
2.1. Лабораторная работа № ЛР-1 Теория строения органических соединений. Классификация органических соединений. Типы реакций в органической химии.....	16
2.2. Лабораторная работа № ЛР-2 Ненасыщенные алифатические углеводороды: алкены, алкины.....	16
2.3. Лабораторная работа № ЛР-3 Простые эфиры. Способы получения и химические свойства.....	17
2.4. Лабораторная работа № ЛР-4 Многоатомные спирты. Способы получения и химические свойства.....	18
2.5. Лабораторная работа № ЛР-5 Карбоновые кислоты: классификация, способы получения, химические свойства.....	19
2.6. Лабораторная работа № ЛР-6 Производные карбоновых кислот: жиры, амиды, ангидриды.....	20
2.7. Лабораторная работа № ЛР-7 Углеводы: Дисахариды. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды.....	21

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Насыщенные алифатические углеводороды: алканы»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Понятие о гомологическом ряде.
2. Изомерия
3. Номенклатура
4. Методы получения
5. Физические и химические свойства

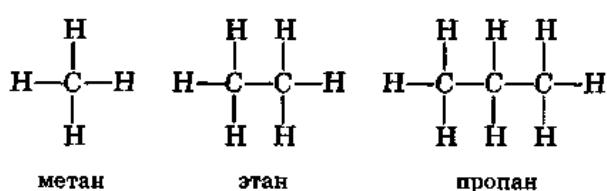
1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Понятие о гомологическом ряде. Предельными углеводородами (**алканами**) называются соединения, состоящие из атомов углерода и водорода, соединенных между собой только σ -связями, и не содержащие циклов. В алканах атомы углерода находятся в степени гибридизации sp^3 .

Простейшим соединением этого класса является метан — углеводород, содержащий один атом углерода и четыре атома водорода. Рассматривая формулу этана — предельного углеводорода с двумя атомами углерода, мы видим, что с формальными позиций он как бы образован из метана: разорвана одна из эквивалентных связей $C-H$ и вместо разрыва вставлена группа $-CH_2-$. Точно так же из этана может быть образован

предельный углеводород с тремя атомами углерода — пропан и т. д.:

Такой ряд сходных по строению соединений, обладающих близкими химическими свойствами, в котором отдельные члены ряда отличаются друг от друга лишь



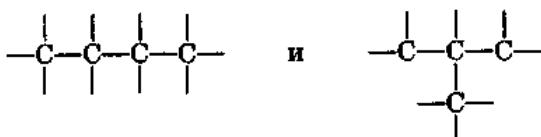
числом групп $-CH_2-$, называется **гомологическим рядом**. В данном случае речь идет о гомологическом ряде алканов.

Для любого гомологического ряда может быть выведена общая формула, отражающая соотношение между атомами углерода и водорода у членов этого ряда; такая формула называется **общей формулой гомологического ряда**. Рассмотрев структурную формулу любого члена гомологического ряда предельных углеводородов с неразветвленной углеродной цепью, мы видим, что его молекула состоит из n групп $-CH_2-$ и еще двух атомов водорода у концевых групп. Таким образом, на n атомов углерода в ней приходится $(2n + 2)$ атомов водорода, следовательно, и общая формула гомологического ряда имеет вид C_nH_{2n+2} .

2. Изомерия. Если два или больше индивидуальных веществ имеют одинаковый количественный состав, т. е. одинаковую молекулярную формулу, но отличаются друг от друга какими-то химическими или физическими свойствами, то в общем случае они называются **изомерами**.

Одним из типов изомерии является **структурная изомерия**, когда изомеры отличаются друг от друга порядком связей между отдельными атомами в молекуле.

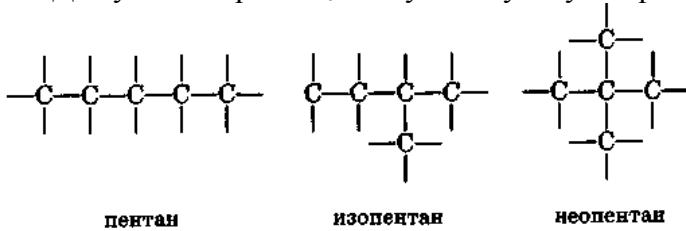
В метане, этане и пропане существует только один-единственный порядок связей между атомами. Но уже четыре атома углерода могут быть соединены двумя различными способами:



В обоих случаях углеводороды имеют одну и ту же молекулярную формулу C_4H_{10} . Однако в первом случае все четыре атома углерода образуют неразветвленную, или

нормальную, цепь, а во втором — разветвленную на конце, или цепь изостроения. Это разные вещества: бутан и изобутан, которые имеют различные физические константы

Для углеводорода C_5H_{12} существуют уже три изомера



С увеличением числа углеродных атомов в молекуле углеводорода число изомеров быстро растет: для C_6 оно равно 5; для C_7 — 9; для C_8 — 18; для C_{20} — 366 319; для C_{40} — 62 491 178 805 831

изомер. Иногда такого типа изомерию называют *изомерией углеродного скелета*.

3. Номенклатура. **Номенклатура ИЮПАК** (систематическая номенклатура). По номенклатуре ИЮПАК названия предельных углеводородов характеризуются суффиксом *-ан*. Первые четыре углеводорода носят исторически сложившиеся названия, начиная с пятого в основе названия углеводорода лежит греческое название соответствующего числа углеродных атомов.

Углеводороды с нормальной цепью углеродных атомов имеют следующие названия:

В приведенных названиях *втор-* (вторичный) и *трет-* (третичный) указывают, у какого атома углерода находится свободная валентность.

Приставка *изо-* используется для названия соединений или радикалов, в которых две метильные группы находятся на одном конце цепи углеродных атомов, не имеющей других ответвлений; приставка *нео-* указывает на наличие трех метильных групп на конце неразветвленной цепи:

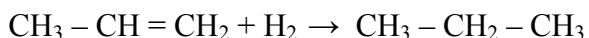


CH_4	—	метан	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	—	гептан
CH_3CH_3	—	этан	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	—	октан
$CH_3CH_2CH_3$	—	пропан	$CH_3(CH_2)_7CH_3$	—	нонан
$CH_3(CH_2)_2CH_3$	—	бутан	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	—	декан
$CH_3(CH_2)_3CH_3$	—	пентан	$CH_3(CH_2)_9CH_3$	—	ундекан
$CH_3(CH_2)_4CH_3$	—	гексан	$CH_3(CH_2)_{10}CH_3$	—	додекан

4. Методы получения.

1) из природного газа и нефти,

2) гидрирование непредельных углеводородов:



3) реакция Вюрца $CH_3Br + 2Na + BrCH_3 \rightarrow CH_3 - CH_3 + 2NaBr$.

5. Физические и химические свойства. Четыре первых члена гомологического ряда, начиная с метана, — газообразные вещества. Начиная с пентана и выше, нормальные углеводороды представляют собой жидкости с плотностью ниже $1 \text{ г}/\text{см}^3$. Метан сгущается в жидкость лишь при -162°C . У последующих членов ряда температура кипения возрастает, причем при переходе к следующему гомологу она возрастает приблизительно на 25° .

Температура плавления нормальных углеводородов в гомологическом ряду увеличивается медленно. Начиная с углеводорода $C_{16}H_{34}$ высшие гомологи при обычной температуре — твердые вещества.

Химические свойства: реакции замещения, протекающие по радикальному механизму (S_R) — галогенирование, нитрование (реакция Коновалова), сульфохлорирование.

1.2. Лекция № 2 (2 часа)

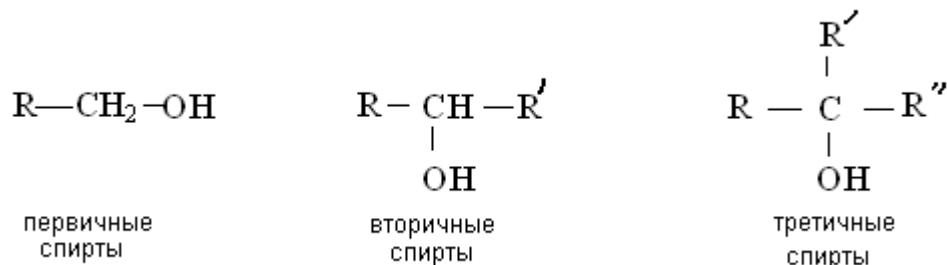
Тема: «Спирты: классификация, способы получения и химические свойства»

1.2.1. Вопросы лекции:

1. Номенклатура, классификация и изомерия спиртов.
2. Способы получения спиртов.
3. Химические свойства спиртов.
4. Способы получения и химические свойства простых эфиров.

1.2.2. Краткое изложение вопросов.

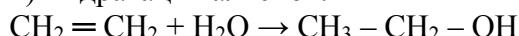
Номенклатура, классификация и изомерия спиртов. **Спирты** — продукты замещения водорода в углеводородах на гидроксильную группу. Общая формула спиртов $R - OH$. По числу гидроксильных групп спирты делятся на одноатомные и многоатомные. В зависимости от того, с каким атомом углерода связана группа $- OH$ различают первичные, вторичные и третичные спирты:



Изомерия. 1) Изомерия углеродного скелета (начиная с C_4H_9OH).
 2) Изомерия положения гидроксильной группы (начиная с C_3H_7OH).
 3) Межклассовая изомерия с простыми эфирами (начиная с C_3H_7OH).

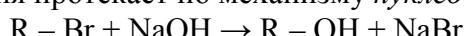
Способы получения спиртов.

1) Гидратация алканов:

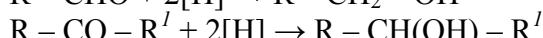
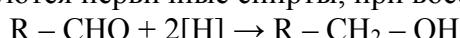


2) Гидролиз алкилгалогенидов под действием водных растворов щелочей.

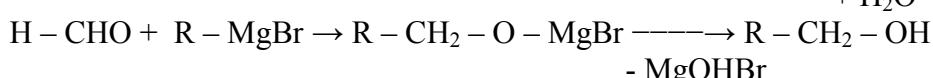
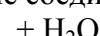
Реакция протекает по механизму нуклеофильного замещения (S_N):



3) Восстановление карбонильных соединений. При восстановлении альдегидов образуются первичные спирты, при восстановлении кетонов — вторичные:



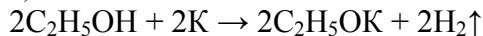
4) Действие реактивов Гриньяра $R - MgBr$ на карбонильные соединения:



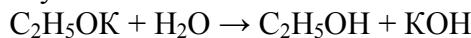
Из формальдегида в этой реакции получают первичные спирты, из других альдегидов — вторичные, из кетонов третичные.

Химические свойства. 1) Реакции с разрывом связи О – Н.

а) Реакции с щелочными металлами:

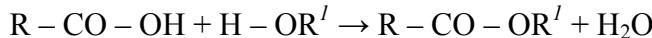


Спирты – более слабые кислоты, чем вода. Их соли (*алкоголяты*) полностью гидролизуются:



Кислотные свойства убывают от первичных к третичным спиртам.

б) Образование сложных эфиров под действием минеральных и органических кислот:

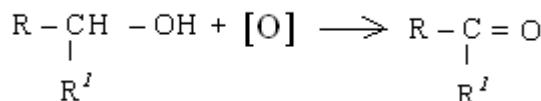


Атом водорода отщепляется от спирта, а группа – OH – от кислоты.

в) Окисление спиртов (перманганатом калия, хромовой смесью, оксидом меди (II)). Первичные спирты окисляются в альдегиды, которые, в свою очередь могут окисляться в карбоновые кислоты:

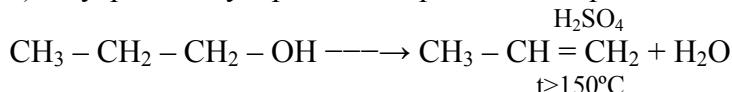


Вторичные спирты окисляются в кетоны:

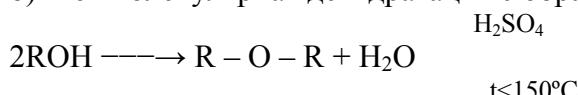


2) Реакции с разрывом связи С – О.

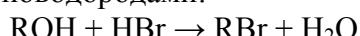
а) Внутrimолекулярная дегидратация с образованием алканов:



б) Межмолекулярная дегидратация с образованием простых эфиров:



в) Слабые основные свойства спиртов проявляются в обратимых реакциях с галогеноводородами:

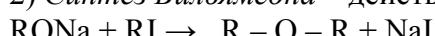


Основные свойства спиртов возрастают от первичных к третичным спиртам.

Простые эфиры – $\text{R} - \text{O} - \text{R}'$ – соединения, в которых два углеводородных радикала связаны атомом кислорода. Если радикалы разные, то эфир называют *смешанным*.

Получение. 1) Межмолекулярная дегидратация спиртов.

2) Синтез Вильямсона – действие алкоголятов на алкилгалогениды:

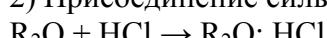


Химические свойства. Простые эфиры значительно менее реакционноспособны, чем спирты.

1) Разложение под действием йодоводорода:



2) Присоединение сильных кислот:



1.3. Лекция № 3 (2 часа)

Тема: «Фенолы: классификация, способы получения, химические свойства»

1.3.1. Вопросы лекции:

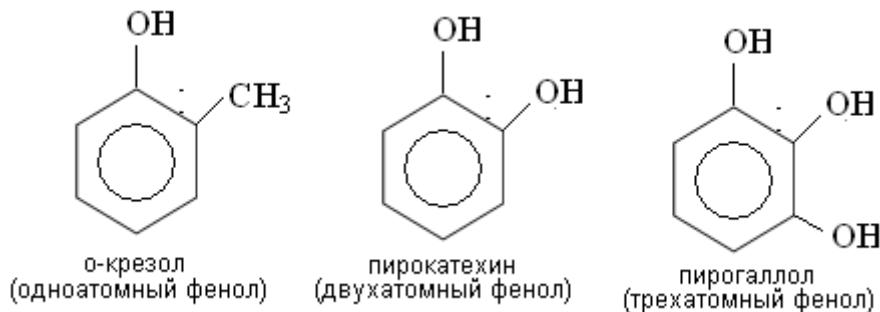
1. Классификация и номенклатура фенолов.

2. Промышленные и лабораторные способы получения фенолов.
3. Химические свойства.
4. Ароматические спирты.

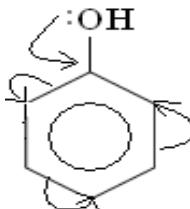
1.3.2. Краткое содержание вопросов.

Классификация и номенклатура фенолов.

Фенолы – производные ароматических углеводородов, в которых гидроксогруппа связана с атомом углерода бензольного кольца. По числу гидроксильных групп фенолы делят на *одноатомные* и *многоатомные*.



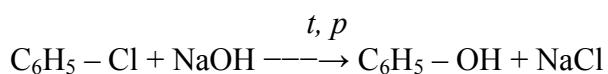
Строение. Неподеленная электронная пара атома кислорода втягивается в π -электронную систему бензольного кольца (+M-эффект группы OH):



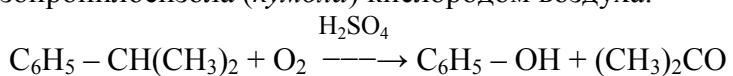
Это приводит к : а) увеличению электронной плотности в *ортого-* и *пара-* положениях бензольного кольца, б) ослаблению связи O – H.

Промышленные и лабораторные способы получения фенолов

- 1) Выделение из каменноугольной смолы.
- 2) Гидролиз хлорбензола:

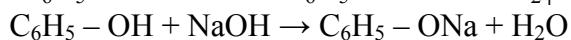
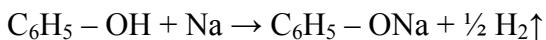


- 3) Окисление изопропилбензола (*кумола*) кислородом воздуха:

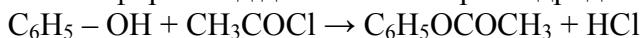


Вопрос № 3. Химические свойства

1) Фенол – слабая кислота. При действии на него щелочных металлов или щелочей образуются соли – *феноляты*:

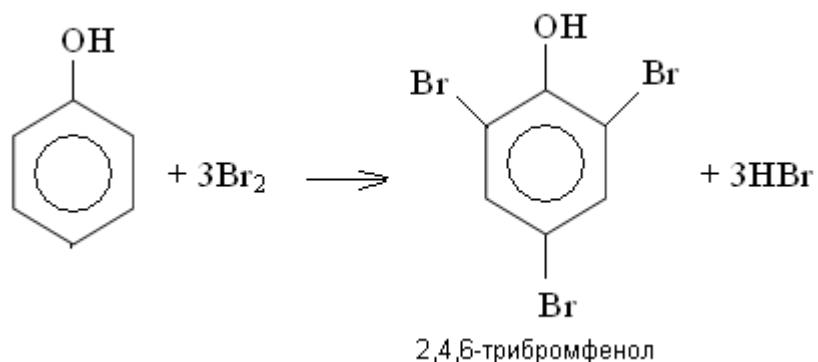


- 2) Образование сложных эфиров под действием хлорангидридов кислот:

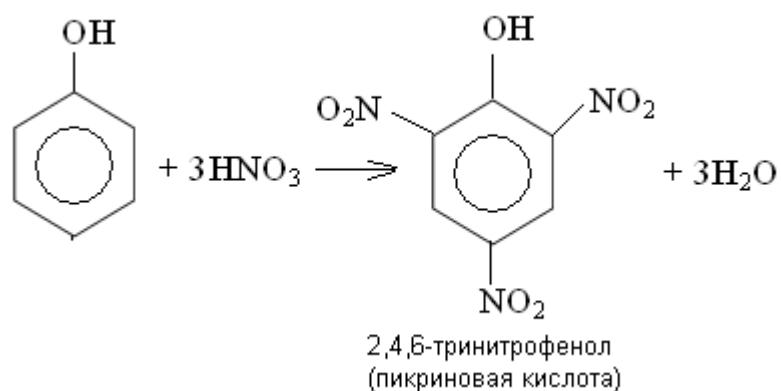


3) Реакции электрофильного замещения в феноле протекают значительно легче, чем в ароматических углеводородах.

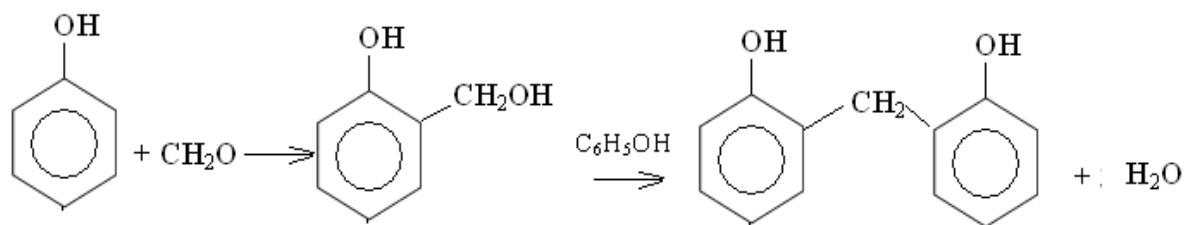
- а) Бромирование (с бромной водой) – качественная реакция на фенол



б) Нитрование:

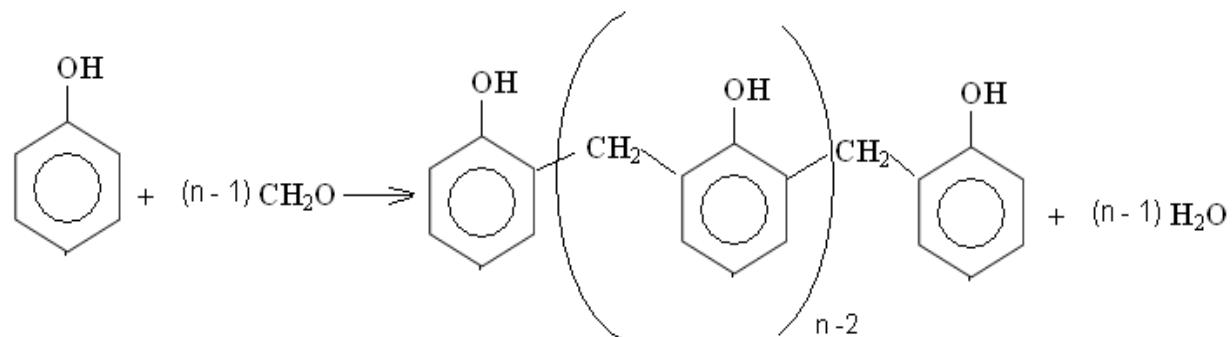


в) Реакция конденсации с формальдегидом:



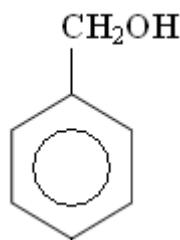
Поликонденсация – реакция образования высокомолекулярного соединения (полимера) из мономеров, сопровождающаяся выделением низкомолекулярного продукта (воды, спирта и др.). В реакции поликонденсации вступают соединения, содержащие функциональные группы.

Пример. Поликонденсация фенола с формальдегидом:



Ароматические спирты

Ароматические спирты – производные ароматических углеводородов, содержащие гидроксогруппу в боковой цепи. Простейший ароматический спирт – *бензиловый*:



1.4. Лекция № 4 (2 часа)

Тема: «Альдегиды и кетоны. Способы получения и химические свойства»

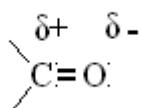
1.4.1. Вопросы лекции:

1. Номенклатура и изомерия.
2. Методы получения.
3. Химические свойства
4. Ароматические альдегиды и кетоны

1.4.2. Краткое содержание вопросов.

Номенклатура и изомерия

Карбонильные соединения – соединения, молекулы которых содержат карбонильную группу:



Атом углерода в карбонильной группе находится в состоянии sp^2 -гибридизации и образует 3 σ -связи (одна из них связь C – O), которые располагаются в одной плоскости под углом 120° друг к другу. π -Связь образована p -электронами атомов углерода и кислорода. Двойная связь C = O является сочетанием σ - и π -связей; она сильно поляризована за счет смещения электронной плотности π -связи к кислороду. Химическая активность карбонильных соединений тем выше, чем больше заряд на атоме углерода.

Альдегиды R – CH = O – соединения, в молекуле которых карбонильная группа связана с углеводородным радикалом и с атомом водорода.

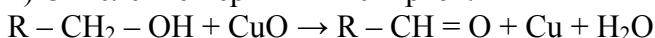
Изомерия: 1) углеродного скелета; 2) межклассовая изомерия с кетонами.

Кетоны – R – CO – R' – соединения, в молекулах которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами.

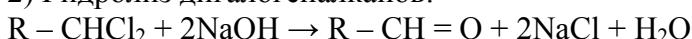
Изомерия: 1) изомерия углеродного скелета; 2) изомерия положения карбонильной группы; 3) межклассовая изомерия с альдегидами.

Методы получения.

- 1) Окисление первичных спиртов:



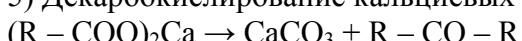
- 2) Гидролиз дигалогеналканов:



- 3) Окисление вторичных спиртов.

- 4) Гидратация алкинов.

- 5) Декарбоксирование кальциевых солей карбоновых кислот:

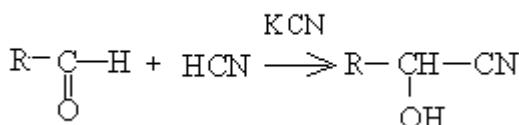


6) Гидролиз дигалогеналанов.

Химические свойства.

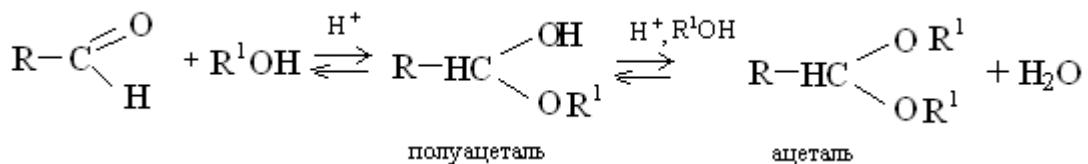
1) Реакция *нуклеофильного присоединения* по двойной связи $C = O$.

а) Присоединение циановодородной (цианильной) кислоты:

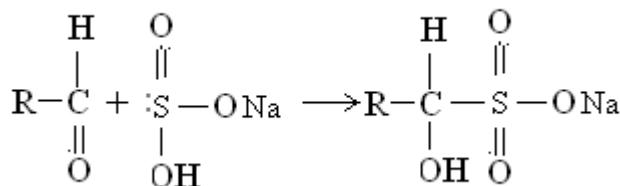


Эта реакция используется для удлинения углеродной цепи и получения оксикислот.

б) Присоединение спиртов с образованием ацеталей и полуацеталей. *Полуацетали* – соединения, в которых атом углерода связан с гидроксильной и алcoxильной (-OR) группами. *Ацетали* – соединения, в которых атом углерода связан с двумя алcoxильными группами:

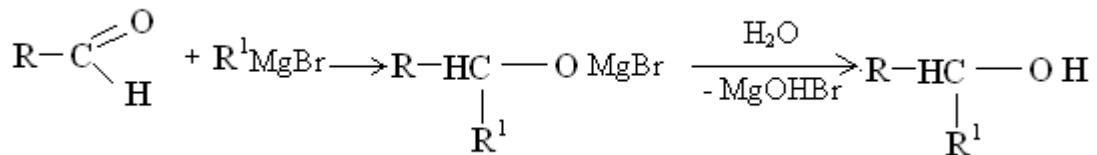


в) Присоединение гидросульфитов.

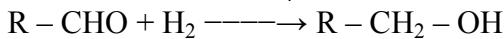


Полученные соединения нерастворимы в избытке гидросульфита. Это свойство используется для выделения альдегидов из смесей.

г) Присоединение реактива Гриньяра дает вторичные спирты.



д) Гидрирование.

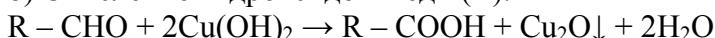


1) Окисление. Альдегиды очень легко окисляются в карбоновые кислоты или их соли – это качественная реакция на альдегиды.

а) Реакция «серебряного зеркала» – окисление альдегидов аммиачным раствором оксида серебра:



б) Окисление гидроксидом меди (II).



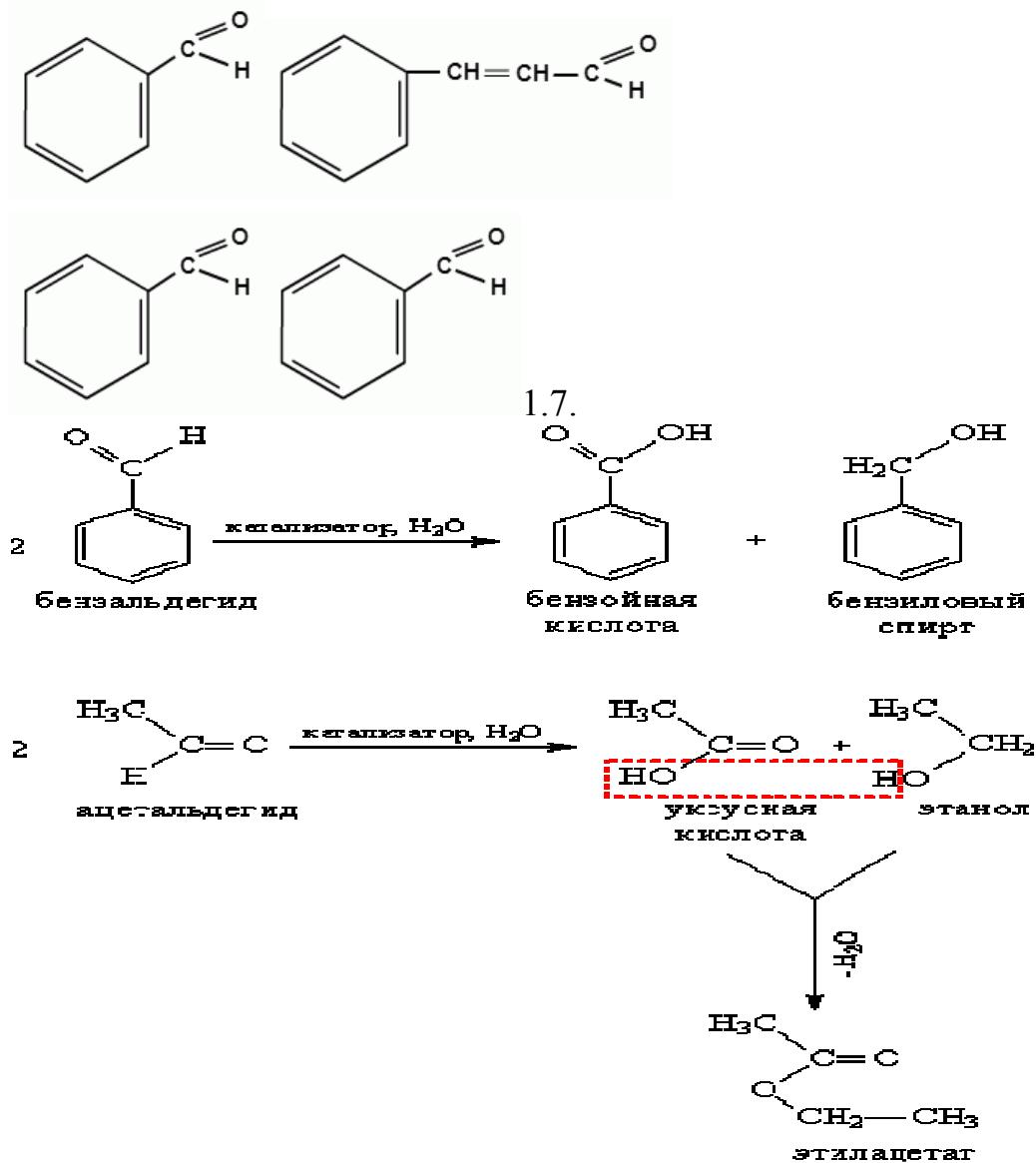
1) Кетоны менее активны в реакциях *нуклеофильного присоединения*, чем альдегиды.

2) Присоединение реактива Гриньяра приводит к образованию третичных спиртов.

3) При гидрировании кетонов образуются вторичные спирты.

4) Кетоны окисляются с большим трудом и не реагируют с $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ и $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Ароматические альдегиды и кетоны.



1.5. Лекция № 5 (2 часа)

Тема: «Карбоновые кислоты: классификация, способы получения, химические свойства»

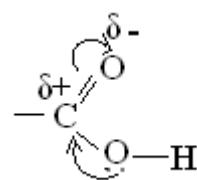
1.5.1. Вопросы лекции:

1. Изомерия и номенклатура. Классификация
2. Методы получения
3. Химические свойства
4. Сложные эфиры, галогенангидриды, ангидриды, амиды кислот.

1.5.2. Краткое содержание вопросов.

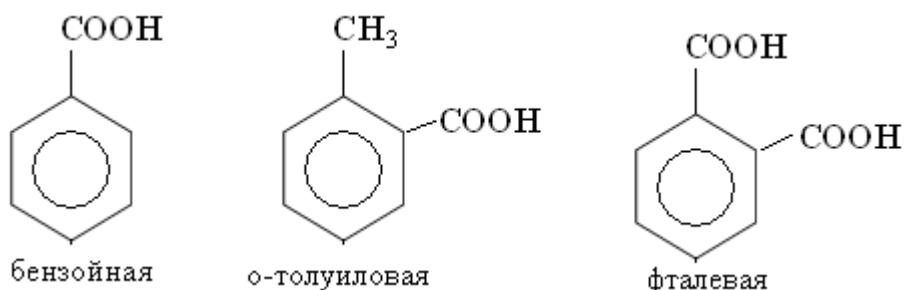
Изомерия и номенклатура. Классификация

Карбоновые кислоты – соединения, молекулы которых содержат карбоксильную группу – COOH. Карбоксильная группа состоит из карбонильной и гидроксильной групп, которые оказывают взаимное влияние друг на друга:



Неподеленная электронная пара кислорода в гидроксильной группе смещена в сторону карбонильного углерода (+M-эффект группы OH). Это ослабляет связь O – H (увеличивает кислотные свойства) и уменьшает частичный положительный заряд на атоме углерода (ослабляет активность карбонильной группы).

Карбоновые кислоты делятся: 1) по числу карбоксильных групп на монокарбоновые, или одноосновные (HCOOH – муравьиная, CH_3COOH – уксусная, $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ – стеариновая и т.д.), дикарбоновые, или двухосновные ($\text{HOOC}-\text{COOH}$ – щавелевая, $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ – адипиновая и т.д.); 2) по строению углеводородного радикала на *алифатические* – насыщенные, ненасыщенные ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ – акриловая, $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ – олеиновая), *ароматические*

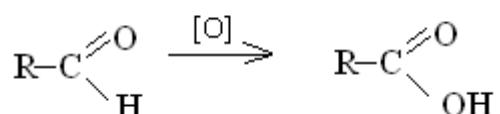


3) по наличию других функциональных групп *оксикислоты* – содержат гидроксильную группу ($\text{CH}_3 - \text{CH(OH)} - \text{COOH}$ – молочная), *оксокислоты* - содержат карбонильную группу ($\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{COOH}$ – пировиноградная).

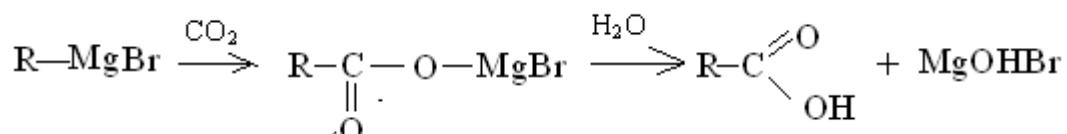
Изомерия: 1) углеродного скелета; 2) межклассовая изомерия со сложными эфирами.

Методы получения.

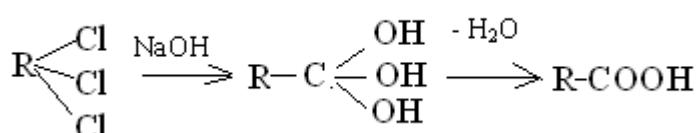
1) Окисление альдегидов. В качестве окислителей применяются KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.



2) Использование реактива Гриньяра по схеме:

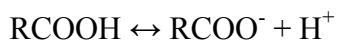


3) Гидролиз галогенозамещенных углеводородов, содержащих три атома галогена у одного атома углерода:

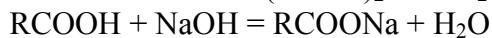
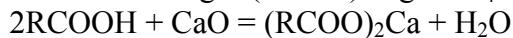
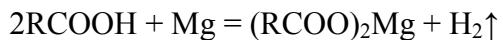


Химические свойства.

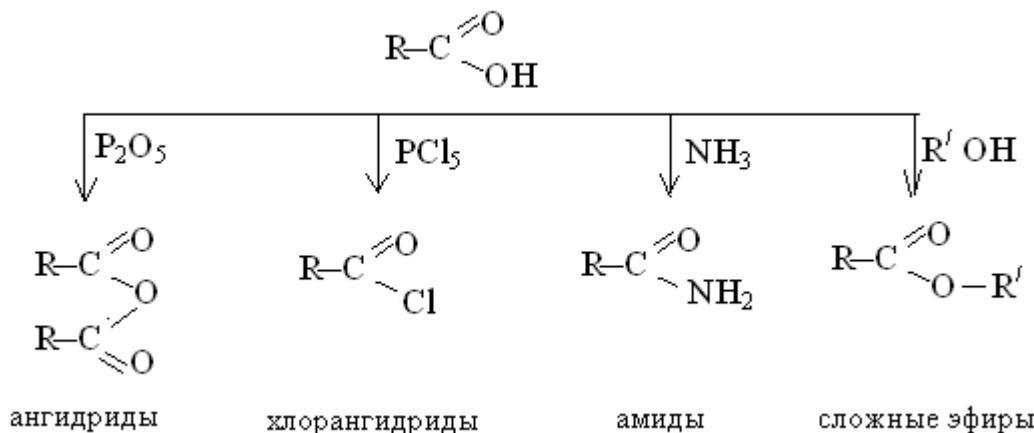
Химические свойства:



Карбоновые кислоты реагируют с активными металлами, основными оксидами, основаниями и солями слабых кислот:

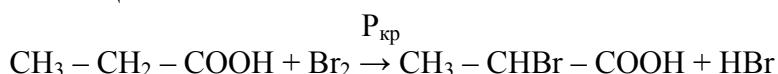


1) Образование функциональных производных



Все функциональные производные легко гидролизуются с образованием исходной кислоты.

3) Галогенирование в присутствии красного фосфора с образованием α -галогенозамещенных кислот:

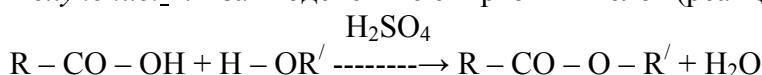


α -Галогенозамещенные кислоты – более сильные кислоты, чем карбоновые, за счет I -эффекта атома галогена.

Сложные эфиры, галогенангидриды, ангидриды, амиды кислот

Сложные эфиры – производные карбоновых кислот, у которых атом водорода в карбоксильной группе замещен на углеводородный радикал. Общая формула $\text{R} - \text{CO} - \text{O} - \text{R}'$.

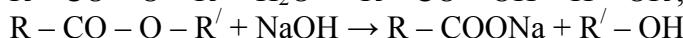
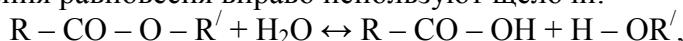
Получение. 1. Взаимодействие спиртов и кислот (реакция этерификации):



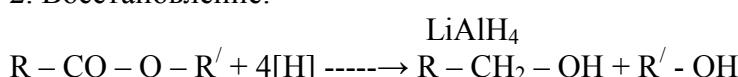
2. Реакция хлорангидридов кислот с алкоголятами щелочных металлов:



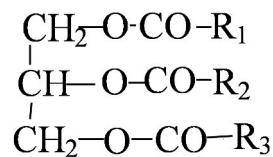
Химические свойства. 1. Гидролиз под действием воды – обратимая реакция. Для смещения равновесия вправо используют щелочи:



2. Восстановление:



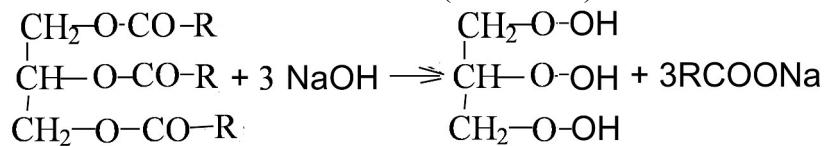
Жиры – вещества растительного и животного происхождения, состоящие из смесей триглицеридов – сложных эфиров глицерина и высших жирных кислот. Общая формула триглицеридов:



$\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ – радикалы высших жирных кислот.

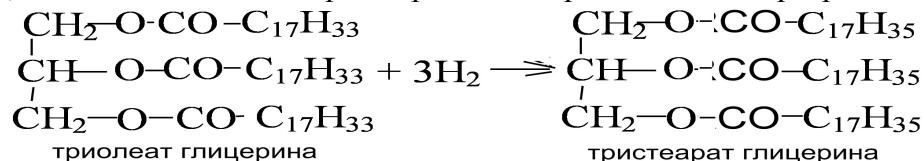
Жиры, образованные предельными кислотами, – твердые вещества, а непредельными – жидкие. Все жиры плохо растворимы в воде, хорошо растворимы в органических растворителях.

Химические свойства. 1. Гидролиз: обратимый под действием воды или необратимый под действием щелочей (*омыление*).



При щелочном гидролизе образуются соли высших жирных кислот, называемые *мылами*.

2. Гидрогенизация жиров – присоединение водорода к остаткам непредельных кислот, входящих в состав жиров. При этом жиры из жидких превращаются в твердые:



2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Теория строения органических соединений. Классификация органических соединений. Типы реакций в органической химии»

2.1.1 Цель работы: Дать понятие органической химии, рассмотреть классификацию органических соединений и особенности протекания реакций между органическими соединениями.

2.1.2 Задачи работы:

1. Познакомиться с основными положениями теории строения органических соединений А.М. Бутлерова.

2. Ознакомиться с классификацией органических соединений.

3. Изучить типы химических превращений в органической химии.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Таблица «Классификация органических соединений»

2. Таблица «Номенклатура органических соединений»

2.1.4 Описание (ход) работы:

Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова

1. Атомы в молекулах соединены между собой в определенном порядке химическими связями в соответствии с их валентностью. Углерод во всех органических соединениях четырехвалентен.

2. Свойства веществ зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от порядка соединения атомов.

3. Атомы в молекуле взаимно влияют друг на друга.

Углеродный скелет – последовательность химически связанных между собой атомов углерода. Атом углерода, связанный только с одним атомом углерода в скелете, называют *первичным*, с двумя – *вторичным*, с тремя – *третичным*, с четырьмя – *четвертичным*. Скелет, содержащий только первичные и вторичные атомы углерода, называется *неразветвленным*. Скелет, содержащий третичные и четвертичные атомы углерода, называется *разветвленным*.



Предельные (насыщенные) соединения содержат только одинарные связи $\text{C} - \text{C}$ в углеродном скелете, *непредельные (ненасыщенные)* соединения содержат кратные связи $\text{C} = \text{C}$ и $\text{C} \equiv \text{C}$.

Функциональная группа – любой атом (кроме водорода) или группа атомов, связанная с атомом углерода.

Важнейшие функциональные группы

Обозначение	Название	Классы соединений
- F, - Cl, - Br, - I	Галоген	Галогенопроизводные
- OH	Гидроксил	Спирты, фенолы
\		
C = O	Карбонил	Альдегиды, кетоны
/		
- COOH	Карбоксил	Карбоновые кислоты
- NO ₂	Нитрогруппа	Нитросоединения

- NH ₂	Аминогруппа	Амины
-------------------	-------------	-------

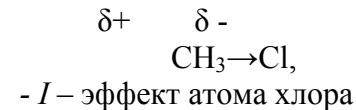
Углеводород – соединение, в котором атомы углерода связаны только с атомами водорода.

Гомологи – соединения, обладающие сходными химическими свойствами и отличающиеся друг от друга по составу на целое число групп CH₂. Совокупность всех гомологов образует *гомологический ряд*.

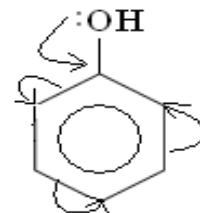
Изомеры – вещества, имеющие одинаковый состав (одинаковую молекулярную формулу), но разное строение молекул.

Электронные эффекты – смещение электронной плотности в молекуле под влиянием заместителей.

Индуктивный эффект (I) – смещение электронной плотности по цепи σ -связей. Индуктивный эффект передается по цепи с затуханием. Индуктивный эффект называется отрицательным (-I), если атом или группа атомов уменьшает электронную плотность на атоме углерода. Отрицательным индуктивным эффектом обладают группы, содержащие более электроотрицательные атомы, чем атом углерода: - F, - Cl, - Br, - OH, - NH₂, - NO₂. Индуктивный эффект называют положительным (+I), если атом или группа атомов увеличивает электронную плотность на атоме углерода. Положительным индуктивным эффектом обладают алифатические углеводородные радикалы (- CH₃, - C₂H₅). Направление смещения электронной плотности всех σ -связей обозначается прямыми стрелками:



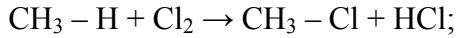
Мезомерный эффект (M) – смещение электронной плотности по цепи π -связей. Знак мезомерного эффекта определяется аналогично знаку индуктивного эффекта. +M – эффект характерен для групп – OH и - NH₂, -M – эффект – для групп – CH=O, - COOH и - NO₂. Направление смещения электронной плотности обозначается изогнутыми стрелками:



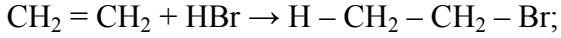
+M-эффект группы – OH

Если молекула содержит сопряженную цепь π -связей, то мезомерный эффект передается без затухания.

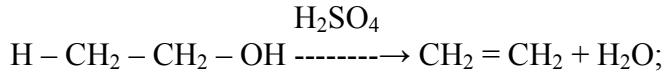
По типу химического превращения органические реакции делятся на: 1) *реакции замещения (S)*, сопровождающиеся образованием новых ковалентных связей при замещении одного атома (или группы атомов) на другие атомы или группы атомов, например



2) *реакции присоединения (A)*, сопровождающиеся образованием новых σ -связей за счет разрыва π -связи, например



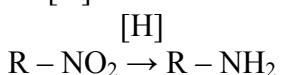
3) *реакции элиминирования (отщепления)*, сопровождающиеся образованием новых π -связей за счет разрыва σ -связей, например



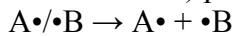
4) *окислительно-восстановительные реакции* связаны с потерей и приобретением атомов водорода. Вещество окисляется, если оно теряет атомы H и (или) приобретает атомы O. Окислитель обозначается [O].



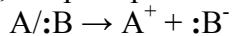
Вещество восстанавливается, если оно приобретает атомы Н и (или) теряет атомы О. Восстановитель обозначают символом [H].



По способу разрыва связи: 1) *реакции с образованием радикалов*, сопровождающиеся симметричным (гомолитическим) разрывом связи, например



2) *реакции с образованием ионов*, сопровождающиеся несимметричным (гетеролитическим) разрывом связи, например



Нуклеофил – молекула или ион, имеющая неподеленную электронную пару электронов на внешнем уровне (OH^- , Cl^- , CN^- , H_2O). Реакции с участием нуклеофилов – *нуклеофильные реакции* (нуклеофильного замещения – S_N , нуклеофильного присоединения – A_N).

Электрофил – молекула или ион, имеющая свободную орбиталь на внешнем уровне (H^+ , NO_2^+ , BF_3). Реакции с участием электрофилов – *электрофильные реакции* (электрофильного замещения – S_E , электрофильного присоединения – A_E).

2.2. Лабораторная работа № 2 (2 часа)

Тема: «Ненасыщенные алифатические углеводороды: алкены, алкины»

2.2.1 Цель работы: Изучить способы получения и химические свойства класса алканов.

2.2.2. Задачи работы:

1. Дать характеристику классу алканов: гомологический ряд, номенклатура, изомерия.
2. рассмотреть способы получения и химические свойства алканов на примере этилена.

2.2.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. смесь для получения этилена (смесь 96%-ного этилового спирта и концентрированной серной кислоты в объемном отношении 1 : 2),
2. раствор Люголя, 2%-ный раствор $KMnO_4$, 10%-ный раствор карбоната натрия, 1%-ный раствор $KMnO_4$, концентрированная серная кислота.
3. прибор для получения этилена
4. кипятильники (кусочки битого фарфора, пористой глины, пемзы, кварцевый песок и др.),
5. газоотводные трубы с хлоркальциевыми трубками, заполненными кусочками натронной извести, крышки от тиглей.

2.2.4. Описание (ход) работы.

a) Реакция этилена с раствором Люголя. В сухую пробирку наливают 5 мл смеси для получения этилена (этиловый спирт и концентрированная серная кислота в объемном отношении 1:2). При смешивании этанола с серной кислотой образуется этилсерная кислота – кислый сложный эфир.

Напишите уравнение реакции образования этилсерной кислоты.

В реакционную смесь помещают несколько кипятильников (кусочков битого фарфора, кварцевого песка и т.д.) – для равномерного кипения реакционной смеси, закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе. В середину газоотводной трубы вставляют хлоркальциевую трубку с натронной известью, помещенной между двумя неплотными ватными тампонами. Натронная известь должна быть в виде кусочков, газообразные вещества должны свободно проходить через нее (в

противном случае может быть несчастный случай: если выход для газов закрыт, под их давлением пробка может выскочить и кипящая реакционная смесь, содержащая концентрированную серную кислоту, будет выброшена из пробирки).

В штатив ставят пробирку с 2 мл раствора Люголя. Пробирку для получения этилена осторожно нагревают, следя за тем, чтобы вспенивающуюся жидкость не перебросило в хлоркальциевую трубку. Выделяющийся этилен пропускают через раствор Люголя, который быстро обесцвечивается (качественная реакция на кратные связи).

Напишите уравнение реакции образования этилена из этилсерной кислоты (реакция идет при температуре 170° С). Кроме основной реакции – сернокислотной дегидратации этилового спирта, протекает несколько побочных реакций. Одна из наиболее важных – окислительно-восстановительная. Концентрированная серная кислота при высокой температуре окисляет органическое вещество (в том числе и этанол) до углерода и оксида углерода (IV) – реакционная смесь чернеет. При этом кислота восстанавливается до оксида серы (IV), который может реагировать с раствором Люголя (и с перманганатом калия) подобно этилену. Поэтому этилен отделяют от примеси оксида серы (IV). Кислотные оксиды (SO₂, CO₂) поглощают натронной известью, помещенной в хлоркальциевую трубку.

Напишите уравнения реакций оксидов SO₂ и CO₂ с натронной известью. Этилен реагирует с йодом по электрофильному механизму (A_E). Рассмотрите его.

б) *Реакция этилена с водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера).* В пробирку наливают 2 мл 2%-ного раствора перманганата калия, добавляют 0,5 мл 10%-ного раствора соды и пропускают этилен. Фиолетовая окраска раствора перманганата калия исчезает, образуется хлопьевидный осадок бурого цвета. Если этилен пропускать долго осадок может раствориться. При окислении этилена в условиях реакции Вагнера образуется двухатомный спирт – этиленгликоль HO – CH₂ – CH₂ – OH.

Напишите уравнение реакции окисления этилена водным раствором перманганата калия. Реакция Вагнера – качественная реакция на кратные связи.

в) *Окисление этилена в кислой среде.* В пробирку наливают 2 мл 1%-ного раствора перманганата калия, добавляют 1 каплю концентрированной серной кислоты и пропускают этилен. Раствор быстро обесцвечивается, бурые хлопья не образуются, так как окисление этилена проходит более глубоко. Напишите уравнение реакции окисления перманганата калия в кислой среде, расставьте коэффициенты.

г) *Горение этилена.* Поджигают этилен у конца газоотводной трубы. Этилен горит светящимся пламенем. Вносят в пламя этилена крышку от тигля. Объясните, почему на крышке образуется черное пятно.

Рассчитайте содержание углерода и водорода в молекуле этилена в массовых долях (%). Напишите уравнение реакции горения этилена.

2.3. Лабораторная работа № 3 (2 часа)

Тема: «Простые эфиры. Способы получения и химические свойства»

2.3.1. Цель работы: Изучить способы получения и химические свойства простых эфиров.

2.3.2. Задачи работы:

1. Познакомиться со способами получения простых спиртов
2. Рассмотреть химические свойства простых эфиров.

2.3.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. этиловый спирт, пропиловый (или изопропиловый) спирт, амиловый (или изоамиловый) спирт,
2. металлический натрий,
3. 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.
4. прямые газоотводные трубы с оттянутыми концами.

2.3.4. Описание (ход) работы.

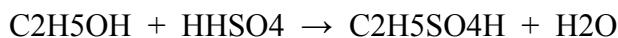
Простыми эфирами называются продукты замещения атома водорода в гидроксиле спирта на углеводородный радикал. Общая формула $R-O-R'$ где R и R' — радикалы.

Называют простые эфиры по радикалам, входящим в их состав. По международной номенклатуре простые эфиры обозначают как производные углеводородов, в которых атом водорода замещен алcoxигруппой ($RO-$). Например:



Способы получения простых эфиров.

1. Из спиртов в присутствии водоотнимающих средств (например, H_2SO_4) при $140\text{ }^{\circ}C$



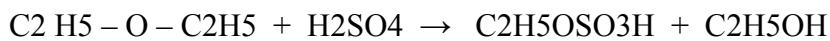
2. Реакцией алкоголятов с галоидными алкилами



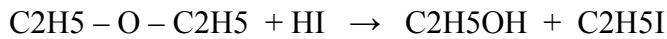
Химические свойства простых эфиров.

В отличие от спиртов и сложных эфиров, простые эфиры являются химически стойкими веществами. На них не действует едкие щелочи и большинство кислот за исключением концентрированной серной и йодистоводородной кислот.

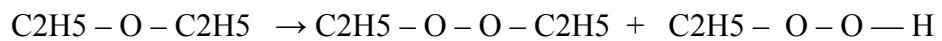
1. Реакция с конц. серной кислотой



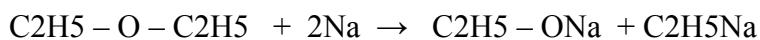
2. Реакция с йодистоводородистой кислотой



3. Окисление с образованием пероксидных и гидропероксидных соединений



4. Расщепление металлическим натрием при нагревании (реакция Шорыгина П.П.):



Простые эфиры хорошо растворяют многие органические вещества и поэтому часто используются как растворители. К важнейшим простым эфирам относятся и гетероциклические кислородсодержащие соединения – этиленоксид (эпоксид) и диоксан.

2.4. Лабораторная работа № 4 (2 часа)

Тема: «Многоатомные спирты. Способы получения и химические свойства»

2.4.1. Цель работы: Изучить химические свойства многоатомных спиртов на примере глицерина и этиленгликоля

2.4.2. Задачи работы:

1. Рассмотреть химические свойства многоатомных спиртов.
2. Рассмотреть качественные реакции на многоатомные спирты.

2.4.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. глицерин, этиленгликоль,
2. 2%-ный раствор сульфата меди (II), 10%-ный раствор гидроксида натрия,
3. раствор серной кислоты (1:1), гидросульфат калия.

2.4.4. Описание (ход) работы.

Получение глицерата и гликолята меди. В пробирку наливают 3 – 4 капли 2%-ного раствора сульфата меди и 2 – 3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия. К образовавшемуся осадку голубого цвета приливают несколько капель глицерина и смесь перемешивают. Осадок растворяется, появляется васильковое окрашивание раствора от образующегося комплексного соединения – глицерата меди. Напишите уравнения происходящих реакций, укажите какие свойства глицерина проявляются в реакции с гидроксидом меди (II).

Опыт повторяют, но вместо глицерина вводят в реакцию этиленгликоль. Напишите уравнение реакции образования гликолята меди.

Дегидратация глицерина – образование акролеина. (*Тяга!*) В сухую пробирку насыпают слоем в 1 см гидросульфат калия и смачивают его двумя каплями глицерина. Смесь сильно нагревают – до образования тяжелых паров акролеина с едким запахом. Гидросульфат калия при сильном нагревании превращается в пиросульфат калия $K_2S_2O_7$, который отнимает воду.

Напишите схему реакции дегидратации глицерина.

2.5. Лабораторная работа № 5 (2 часа)

Тема: «Карбоновые кислоты: классификация, способы получения, химические свойства»

2.5.1. Цель работы: Изучить классификацию и химические свойства карбоновых кислот.

2.5.2. Задачи работы:

1. Рассмотреть номенклатуру, изомерию, классификацию карбоновых кислот.
2. Рассмотреть способы получения и химические свойства монокарбоновых кислот.

2.5.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. ацетат натрия, ацетат кальция, концентрированная серная кислота, 10%-ный раствор серной кислоты, уксусная кислота ледяная, 10%-ный раствор уксусной кислоты, метиловый оранжевый, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, 10%-ный раствор ацетата натрия, 3%-ный раствор хлорида железа (III), 10%-ный раствор карбоната натрия, металлический магний, оксид меди (II), 1%-ный раствор перманганата калия, 5%-ный раствор серной кислоты, синяя лакмусовая бумага.

2. изогнутые газоотводные трубы, прямые газоотводные трубы с оттянутым концом, химические стаканы (50 – 100 мл), лед.

2.5.4. Описание (ход) работы.

a) Кислотные свойства уксусной кислоты. В три пробирки наливают по 1 мл 10%-ного раствора уксусной кислоты. В первую пробирку добавляют 1 – 2 мл метилового оранжевого, во вторую – 1 – 2 капли синего лакмуса, в третью – 1 – 2 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина. Отмечают, в каких пробирках изменилась окраска.

б) Взаимодействие уксусной кислоты с карбонатом натрия. К 3 – 4 мл 10%-ного раствора карбоната натрия приливают 2 – 3 мл ледяной уксусной кислоты.

Что вы наблюдаете? Напишите уравнение реакции. Какой вывод можно сделать о кислотных свойствах уксусной и угольной кислот? Будет ли уксусная кислота реагировать с растворами сульфата натрия и хлорида натрия?

в) Взаимодействие уксусной кислоты с магнием и оксидом меди (II). В пробирку наливают 2 – 3 мл уксусной кислоты, добавляют немного металлического магния и закрывают пробирку прямой газоотводной с оттянутым концом. Через некоторое время поджигают выделяющийся газ.

Напишите уравнение реакции.

К 0,2 г оксида меди (II), помещенного в пробирку, приливают 2 – 3 мл уксусной кислоты, затем пробирку осторожно нагревают. Обращают внимание на окраску раствора.

Напишите уравнение реакции.

г) Образование и гидролиз ацетата железа (III). В пробирку наливают 2 – 3 капли 10%-ного раствора ацетата натрия и прибавляют несколько капель 3%-ного раствора хлорида железа (III). Появляется желтовато-красное окрашивание раствора вследствие растворимой соли ацетата железа. При кипячении раствора происходит гидролиз соли с образованием основной соли, которая выпадает в осадок в виде хлопьев красно-бурого цвета.

Напишите уравнения реакций: образования ацетата железа (III) и его гидролиза. Эту реакцию применяют для удаления из раствора ионов трехвалентного железа. Аналогично реагируют с хлоридом железа (III) муравьиная и пропионовая кислоты.

д) Отношение уксусной кислоты к действию окислителей. В пробирку наливают 0,5 мл ледяной уксусной кислоты, 2,5 мл 5%-ного раствора серной кислоты и 5 мл 1%-ного раствора перманганата калия. Реакционную смесь перемешивают.

Происходит ли изменение окраски раствора? Делают вывод об отношении уксусной кислоты к действию окислителей.

2.6. Лабораторная работа № 6 (2 часа)

Тема: «Производные карбоновых кислот: жиры, амиды, ангидриды»

2.6.1. Цель работы: Изучить способы получения и химические свойства производных карбоновых кислот на примере жиров и мыла.

2.6.2. Задачи работы:

1. Изучить химические свойства жиров на примере реакции гидролиза.
2. Изучить способы получения солей карбоновых кислот.

2.6.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. этиловый спирт, диэтиловый эфир, хлороформ, бензол, бензин, смесь этилового спирта с бензолом (1:1), 5%-ный раствор гидроксида натрия, 0,1 н раствор гидроксида калия, 5%-ный раствор карбоната натрия, 10%-ный раствор карбоната натрия, 1%-ный раствор мыла, раствор белка, бромная вода, раствор фенолфталеина, 0,005%-ный спиртовой раствор йода, 25-ный крахмальный клейстер, 10%-ный раствор растительного масла в хлороформе, 2%-ный раствор перманганата калия. Гидросульфат калия (кристаллический), 15%-ный раствор гидроксида натрия, хлорид натрия (насыщенный раствор), подсолнечное масло, свиной (говяжий или бараний жир), семена подсолнечника (или льна, конопли и т.п.).

2. ножницы, фильтровальная бумага, капилляры, бюретки, колбы конические (50 – 100 мл), бани водяные, воздушные холодильники к коническим колбам, термометры, химические стаканы (50 – 100 мл), баня водяная, фарфоровые ступки, промытый песок, обратные холодильники к пробиркам, химические воронки, мерные цилиндры на 10 мл.

2.6.4. Описание (ход) работы.

a) Растворимость жиров и масел в органических растворителях. В три пробирки наливают по 2 капли подсолнечного масла и добавляют по 2 мл органических растворителей: в первую пробирку – этиловый спирт, во вторую дизтиловый эфир, в третью – хлороформ. Содержимое всех пробирок энергично встряхивают.

В каких пробирках масло растворяется?

Пробирку, в которой образовалась эмульсия, закрывают пробкой с обратным холодильником, нагревают на водяной бане до начинающегося кипения и встряхивают. Увеличивается ли растворимость масла при нагревании? Опыт повторяют, но вместо подсолнечного масла в пробирки с органическими растворителями вносят небольшое количество жира (свиного, говяжьего или бараньего сала).

2.7. Лабораторная работа № 7 (2 часа)

Тема: «Углеводы: Дисахариды. Восстанавливющие и невосстанавливющие дисахариды»

2.7.1. Цель работы: Изучить строение и химические свойства дисахаридов.

2.7.2. Задачи работы:

1. Рассмотреть строение дисахаридов и их деление на восстанавливающие и невосстанавливающие.

2. Рассмотреть химические реакции дисахаридов.

2.7.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. 1%-ный раствор сахарозы, 1%-ный раствор мальтозы, 1%-ный раствор лактозы, реактив Фелинга, уксусная кислота, 10%-ный раствор гидроксида натрия, молоко, разбавленное водой в объемном отношении 1:1, 5%-ный раствор мальтозы, 5%-ный раствор лактозы.

2. химические стаканы (25 мл), химические воронки, фильтровальная бумага, мерные цилиндры (10 мл).

2.7.4. Описание (ход) работы.

a) Реакции дисахаридов с реактивом Фелинга. В три пробирки наливают по 1,5 – 2 мл 1%-ных растворов сахарозы, мальтозы и лактозы. Затем в каждую пробирку добавляют равный объем реактива Фелинга, жидкости перемешивают и нагревают в пламени горелки верхнюю часть растворов до начинающегося кипения. Нижняя часть растворов не должна нагреваться.

Во всех ли пробирках появляется красный осадок оксида меди (II)? Объясните результаты опыта. Напишите уравнения реакций с гидроксидом меди (II) для тех дисахаридов, которые дают положительную реакцию с реактивом Фелинга.

б) Обнаружение лактозы в молоке. В небольшой химический стакан (емкостью 25 мл) наливают 5 – 7 мл молока, разбавленного водой 1:1, и добавляют к нему несколько капель уксусной кислоты при перемешивании стеклянной палочкой. В кислой среде белой свертывается и выпадает в виде хлопьев.

Осадок отфильтровывают и отбрасывают, а фильтрат нейтрализуют 10%-ным раствором гидроксида натрия до слабощелочной реакции по индикаторной фенолфталеиновой бумажке. Раствор щелочи добавляют по каплям при перемешивании жидкости стеклянной палочкой. Отливают 2 мл полученного щелочного раствора, добавляют к нему 2 мл реактива Фелинга, смесь перемешивают и нагревают верхнюю часть раствора до начинающегося кипения.

Меняется ли окраска раствора? Объясните опыт и напишите уравнение реакции.