

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум







НОВОСИБИРСК 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум содержит основные разделы дисциплины «Органическая химия», изучаемые студентами сельскохозяйственного профиля в соответствии с действующими государственными образовательными стандартами по органической химии для студентов 1-го курса агрономического факультета НГАУ.

В практикум включены: описание основных лабораторных работ, задания для самостоятельной подготовки студентов, тестовые задания для проверки остаточных знаний студентов.

Для лучшего восприятия материал разбит на блоки, которым соответствуют следующие обозначения:

 – методические указания преподавателя;  – лабораторная работа;  – качественные реакции,  – задания для самостоятельной работы студентов;  – основная литература;  – дополнительная литература.

Эти символы помогут быстро найти интересующий пункт.

ВВЕДЕНИЕ

Главная задача настоящего практикума – помочь студентам более глубоко усвоить материал по органической химии, получить навыки проведения лабораторных опытов, что должно способствовать подготовке к успешному изучению последующих специальных дисциплин. Материал разбит на основные разделы: углеводороды, кислородсодержащие органические соединения, углеводы, азотсодержащие органические соединения, гетероциклические соединения.

Методические указания для лабораторных занятий по органической химии составлены в соответствии с действующей рабочей программой курса.

Лабораторные работы дают первоначальное знакомство с органическими веществами, их свойствами и реакциями, характеризующими классы соединений по функциональным группам.

Для более глубокого закрепления свойств изучаемых классов органических соединений в качестве объектов исследования выбраны вещества, имеющие прямое отношение к производственной деятельности будущих специалистов.

Каждая лабораторная работа состоит из 5-14 опытов, учитывающих характерные химические особенности классов органических соединений по их функциональным группам, реакции приводятся на примере наиболее важных представителей классов. Весь перечень проводимых операций при выполнении лабораторных работ способствует глубокому пониманию и освоению предмета.

При выполнении лабораторных работ студенты должны предварительно изучить основные теоретические положения данного раздела по лекционному материалу и учебнику.

Цель практикума – привить навыки работы в лаборатории, лаконичности записи наблюдений, анализа и обобщения результатов, закрепления теоретического материала.

Закрепление теоретического материала и контроля знаний студентов осуществляется в процессе самоподготовки. Для этого к каждой изучаемой теме предусмотрены задания для самостоятельной работы студентов. В практикуме также приводятся тестовые задания по отдельным темам курса для проверки остаточных знаний.

Уважаемые студенты, желаем вам успешного освоения этой интересной науки – ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.



Краткие указания к проведению лабораторных занятий

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, следует внимательно прочесть и полностью осмыслить материал.

Перед непосредственным выполнением лабораторной работы необходимо четко сформулировать цель работы.

Следует работать аккуратно, спокойно, что позволяет получить хорошие результаты, выработать навыки, необходимые для проведения любой экспериментальной работы.

Выполненная лабораторная работа должна быть отражена в тетради: дата, тема, цель, химические реакции, наблюдения за ходом опыта (образование осадка, цвет и т.д.), объяснение наблюдений, результаты работы, выводы.

По окончании работы необходимо вымыть посуду, поставить ее на место, привести рабочее место в порядок.

Техника безопасности при проведении лабораторных работ

1. Во время работы в химической лаборатории необходимо соблюдать тишину, порядок, чистоту, рационально строить свою работу, вести ее точно, аккуратно, быстро, но без спешки.
2. Не следует приступать к работе без разрешения преподавателя.
3. Запрещается работать в лаборатории одному.
4. Необходимо содержать рабочий стол и стол вытяжного шкафа в чистоте, не загромождать рабочее место.
5. Нужно экономить электричество, воду, реактивы.
6. При работе в химической лаборатории необходимо иметь халат.
7. Обращаться с химической посудой, реактивами и приборами следует аккуратно и осторожно. Во избежание несчастных случаев из-за возможности выброса реакционной смеси нельзя заглядывать в пробирку или колбу сверху.
8. Запрещается работать с грязной посудой и оставлять ее невымытой.
9. Перед началом работы производится предварительный осмотр прибора. Нельзя оставлять действующий прибор без присмотра.
10. При работе необходимо следить, чтобы прибор всегда имел свободное сообщение с атмосферой.
11. Не разрешается выносить из лаборатории приборы, посуду и реактивы.
12. Работа с ядовитыми веществами проводится в вытяжном шкафу.
13. Необходимо соблюдать меры предосторожности при работе со взрывоопасными и легковоспламеняющимися веществами.
14. Нельзя выливать в раковины остатки кислот, щелочей, огнеопасных жидкостей и т.д. При необходимости сливайте эти вещества в специальные склянки, помещенные в вытяжной шкаф.
15. Нельзя оставлять химические вещества в посуде без этикеток.
16. Склянки с кислотами и щелочами на рабочий стол нужно ставить, исполь-

зую подставки.

17. Нельзя путать пробки от склянок, содержащих разные реактивы, во избежание загрязнения последних.

18. Запрещается принимать пищу в лаборатории.

19. Уходя из лаборатории, необходимо проверить, выключены ли нагревательные приборы, вода и электричество.

РАЗДЕЛ 1. УГЛЕВОДОРОДЫ

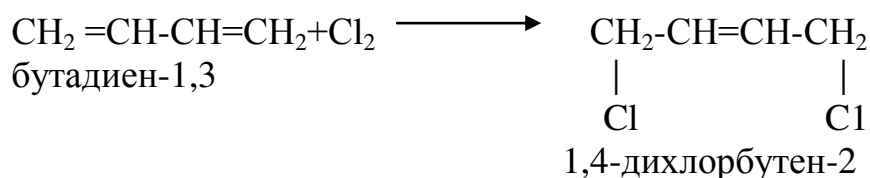


Углеводороды считаются основными из органических соединений не только потому, что они широко распространены в природе и имеют народно-хозяйственное значение, но и потому, что являются основой для получения других классов органических соединений.

Раздел углеводороды включает в себя следующие классы органических соединений: алканы, цикланы, алкены, алкадиены, алкины, арены. Их химические свойства определяются валентным состоянием атома углерода (его гибридизацией) и типом химических связей в молекуле. Для каждого класса углеводородов характерны определенные типы химических реакций: замещения, присоединения, окисления, полимеризации.

При изучении физических и химических свойств углеводородов следует усвоить следующее.

1. Изучить теорию химического строения А.М. Бутлерова.
2. Научиться составлять структурные формулы, так как без них невозможно разобраться в расположении валентных связей элементов.
3. Обратить внимание на валентное состояние атома углерода (sp^3 , sp^2 , sp -гибридизации) в соединениях, а также на связь между электронным строением углеводородов и их свойствами.
4. Освоить типичные реакции для алканов, алкенов, алкинов, диенов, аренов и циклоалканов. В алканах все σ -сигма связи (C-C и C-H) прочные, поэтому при обычных условиях они обладают большой химической инертностью. Для них характерны реакции замещения. Особенно важны реакции с галогенами. Замещение водорода легче идет у третичного и вторичного атомов углерода.
5. Уметь применять правило Марковникова в реакциях присоединения у алкенов и алкинов. Обратить внимание на диеновые углеводороды с сопряженными двойными связями. Например:



Присоединение идет в положении 1,4.

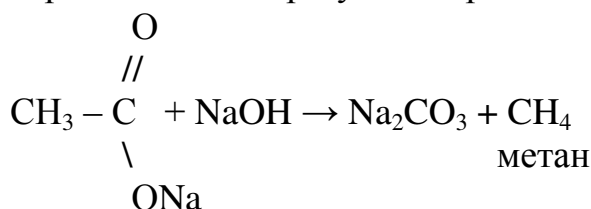
6. Научиться составлять схемы полимеризации этиленовых, диеновых углеводородов.
7. Уметь показать генетическую связь между различными классами углеводородов на примере реакций, с помощью которых алканы превращаются в алкены, алкины и диены.
8. Обратить внимание на особенности ароматических углеводородов (аренов). По составу бензол и его гомологи являются непредельными соединениями. Однако непредельный характер бензола не проявляется в типичных условиях. Он не обесцвечивает бромную воду (в обычных условиях не присоединяет бром) и раствор KMnO_4 , а следовательно, не окисляется. Из-за боль-

шой прочности бензольного ядра (углерод находится в состоянии sp^2 -гибридизации) бензол легче вступает в реакции замещения, а не присоединения. Обратите внимание на то, что каждый заместитель в бензольном ядре обладает определенными направляющими, или ориентирующими, действиями. В циклоалканах (полиметиленовых углеводородах) углерод находится в состоянии sp^3 -гибридизации. Сигма-связи в циклопропане отличаются от обычных σ -связей в алканах. В циклопропане они приобретают ненасыщенный характер («банановые» связи), отсюда неустойчивость циклов в циклопропане и циклобутане и устойчивость – в циклопентане и циклогексане.

Лабораторная работа №1

Опыт 1. Получение метана из ацетата натрия и изучение его свойств

В пробирку, снабженную пробкой с газоотводной трубкой, помещают 1г смеси примерно равных количеств безводного ацетата натрия и натронной извести. Натронную известь (смесь гидроксида натрия и оксида кальция) берут в связи с тем, что чистый гидроксид натрия разъедает стекло при нагревании. Смесь прокаливают. В результате реакции получается метан:



Выделяющийся метан испытывают:

а) *на окисление*: пропускают газ в пробирку, наполненную раствором марганцово-кислого калия, и наблюдают;

б) *на горение*: выделяющийся газ поджигают у конца газоотводной трубки. Метан горит несветящимся пламенем (составьте уравнение реакции). Иногда оно бывает окрашено в желтый цвет за счет натрия, содержащегося в стекле.

В природе метан встречается в составе природного газа, а в отходах сельскохозяйственной продукции он является основным компонентом биогаза.

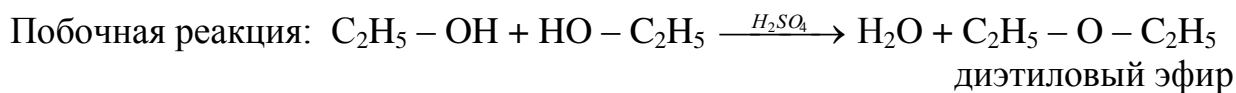
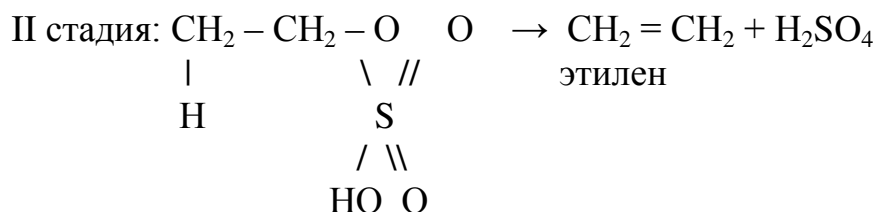
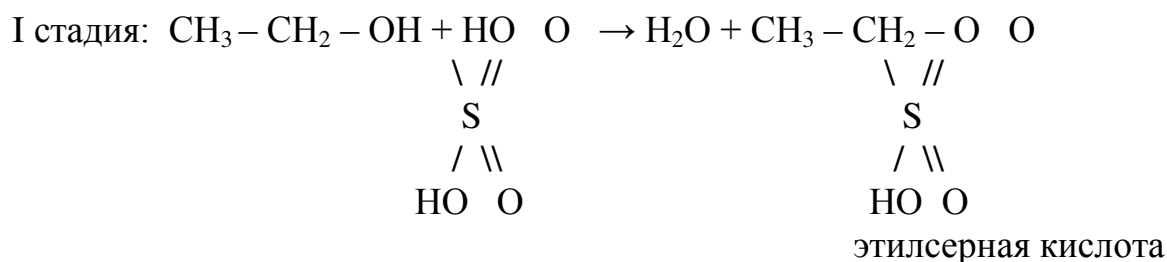
Предельные жидкие углеводороды являются главной составной частью нефти.

Некоторые высшие гомологи алканов встречаются в зеленых листьях.

Опыт 2. Получение этилена и изучение его свойств

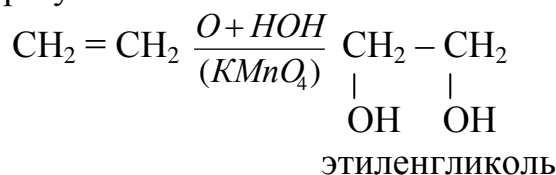
В пробирку наливают 10 капель этилового спирта и 15 капель концентрированной серной кислоты и вносят несколько крупинок песка (для более спокойного кипения смеси). Содержимое пробирки нагревают. Сначала нагревание надо вести интенсивно, чтобы быстрее перейти порог образования этилового эфира (140°C), затем, когда начнет выделяться этилен, нагревают медленно, поддерживая равномерный ток газа и не допуская вспенивания. Реакция получения этилена обычно проходит при температуре 160°C .

При нагревании смеси этилового спирта и концентрированной серной кислоты реакция образования этилена идет в две стадии:



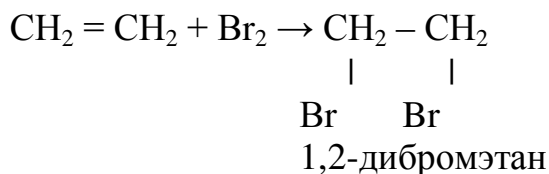
Выделяющийся этилен испытывают:

и а) *на окисление*: пропускают газ в пробирку, содержащую 1 мл слабощелочного раствора перманганата калия. Через некоторое время фиолетовая окраска исчезает и образуется этиленгликоль:



Эта реакция является качественной на двойную связь и носит название *реакции Вагнера*;

и б) *на присоединение галогенов*: пропускают газ в пробирку, содержащую 1 мл бромной воды. Происходит обесцвечивание бромной воды и образуется 1,2-дибромэтан:



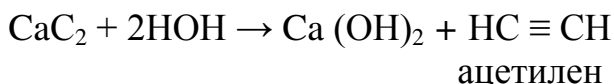
в) *на горение*: выделяющийся газ поджигают у конца газоотводной трубки; он горит светящимся пламенем (составьте уравнение реакции).

Этилен используется в сельском хозяйстве для стимуляции созревания плодов и овощей, а продукт полимеризации этилена - полиэтилен широко применяется на фермах, в теплицах в качестве защитного материала. Является важным сырьем для органического синтеза.

Диэтиловый эфир применяется для наркоза при хирургических операциях.

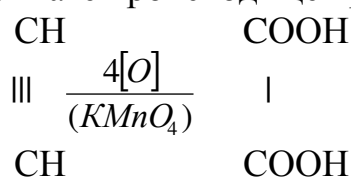
Опыт 3. Получение ацетилена и изучение его свойств

В пробирку помещают кусочки карбида кальция CaC_2 , добавляют 5-10 капель воды и закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Происходит бурная реакция с выделением ацетилена:



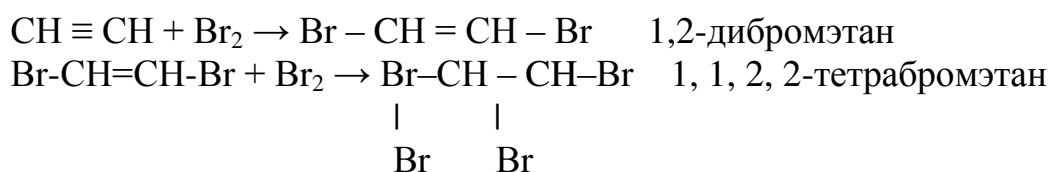
Выделяющийся ацетилен испытывают:

а) *на окисление*: пропускают газ в пробирку, содержащую 1 мл раствора перманганата калия. Малиновая окраска раствора при этом постепенно исчезает в результате происходящей реакции:

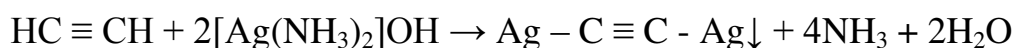


щавелевая кислота

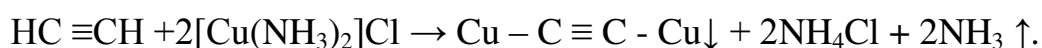
б) *на присоединение галогенов*: пропускают газ в пробирку, содержащую 1 мл бромной воды. Наблюдают обесцвечивание бромной воды:



и в) *образование ацетиленида серебра*: к 0,5 мл раствора азотнокислого серебра приливают по каплям раствор аммиака до образования прозрачного раствора. В аммиачный раствор гидроксида серебра пропускают ацетилен. Образуется серый осадок ацетиленида серебра, который в сухом виде взрывается:



и г) *образование ацетиленида меди*: в пробирку наливают около 1 мл аммиачного раствора хлорида одновалентной меди и через него пропускают ацетилен. При этом образуется красно-бурый осадок ацетиленида меди:



Осадок взрывоопасен, поэтому после окончания опыта раствор с осадком сливают в стакан с концентрированной соляной кислотой;

д) *на горение*: выделяющийся газ поджигают у конца газоотводной трубки.

ки; он горит светящимся, коптящим пламенем.

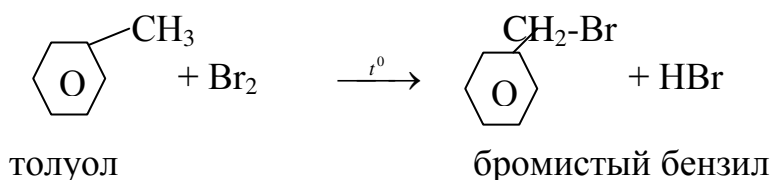
Ацетилен используется для резки и сварки металлов, а также как сырье в химической промышленности для получения уксусной кислоты, этилового спирта, синтетического каучука, полихлорвиниловой пластмассы, отравляющих веществ (люизит), растворителей.

Опыт 4. Бромирование ароматических углеводородов без катализатора

В две сухие пробирки помещают: в одну 0,5-1 мл бензола в другую – столько же толуола. В каждую из пробирок добавляют по 0,5-1 мл бромной воды. Пробирки нагревают на водяной бане. Признаком реакции бромирования является исчезновение окраски и выделение бромистого водорода, который можно обнаружить у отверстия пробирки по покраснению смоченной водой лакмусовой бумажки.

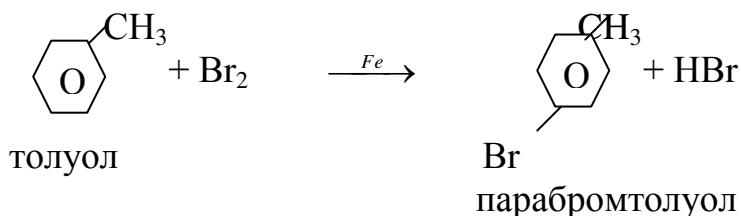
Бромирование бензола не обнаруживается при нагревании. Окраска брома не исчезает, а переходит из нижнего водного слоя в верхний бензольный слой, что объясняется лучшей растворимостью брома в бензоле, чем в воде.

Бромирование толуола происходит по метильной группе:



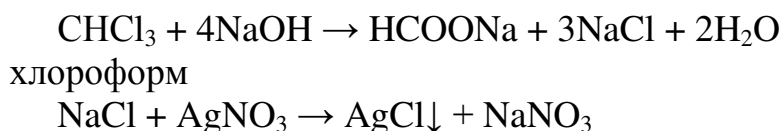
Опыт 5. Бромирование ароматических углеводородов с катализатором

В две сухие пробирки помещают: в одну 0,5-1 мл бензола, в другую – столько же толуола. В каждую пробирку добавляют по 0,5-1 мл бромной воды и несколько крупинок железных опилок. Содержимое пробирок нагревают, как в предыдущем опыте. При этом происходит замещение водорода бензольного ядра на галоген и выделяется бромистый водород:



Опыт 6. Гидролиз хлороформа

В пробирку наливают 0,5 мл хлороформа и 1 мл раствора гидроксида натрия. Смесь кипятят 1-2 минуты. После охлаждения содержимое пробирки подкисляют азотной кислотой и прибавляют несколько капель раствора нитрата серебра. Выпадает белый осадок хлорида серебра:

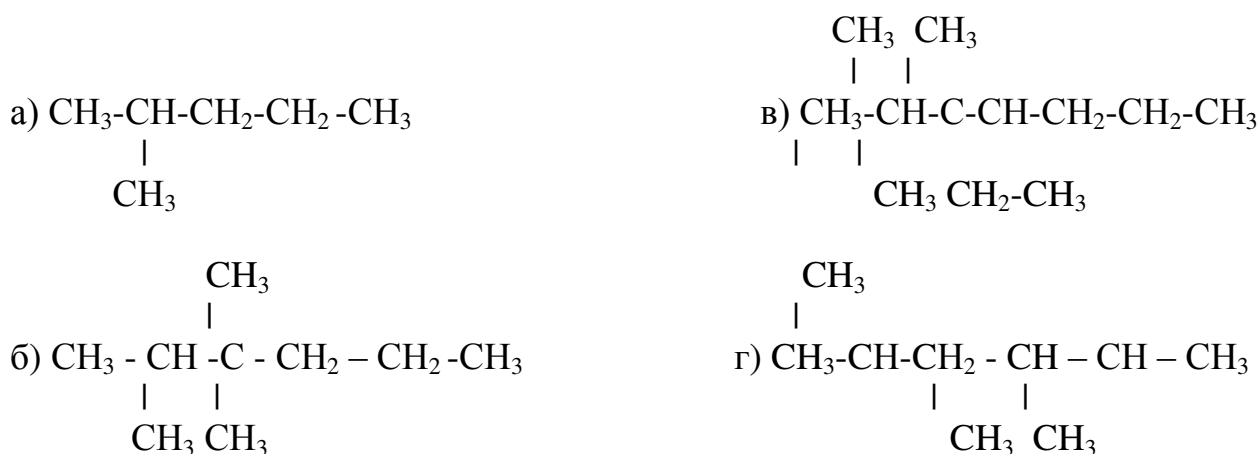


Хлороформ является одним из самых распространенных химических препаратов. Кроме того, хлороформ часто используется для наркоза при хирургических операциях, применяется для синтеза (например, фреонов), как растворитель. Хлороформ под влиянием света и кислорода воздуха постепенно разлагается, причем отщепляется хлористый водород и одновременно образуется очень ядовитый фосген (COCl_2).

? Задания для самостоятельной подготовки студентов

Тема 1. Алканы. Алкены

1. Назвать по рациональной (р.н.) и международной (м.н.) номенклатуре следующие углеводороды:

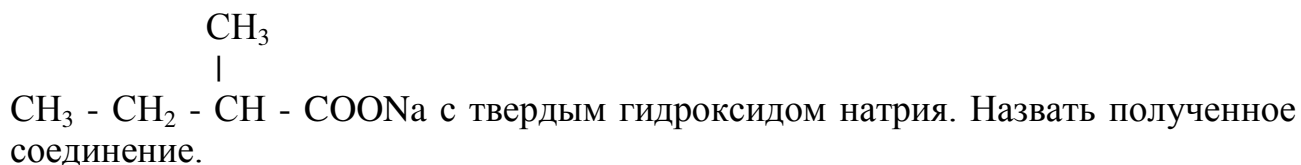


2. Изобразить образование σ (сигма)-связей (C-C и C-H) в молекуле этана.
3. Написать структурные формулы углеводородов:

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| а) 2,5-диметилгексан; | б) 3-метил-3-этилпентан; |
| в) 2,2,3,3-тетраметилпентан; | г) 2-метил-3-изопропилгексан. |
4. Написать структурные формулы изомерных углеводородов состава C_8H_{18} , имеющих в главной цепи 6 углеродных атомов. Назвать их по международной номенклатуре. Указать в изомерах первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.
5. Какие углеводороды получают при действии металлического натрия на смесь:

| |
|--|
| а) бромистого метила и бромистого этила; |
| б) йодистого пропила и йодистого метила; |
| в) йодистого этила и йодистого третбутила. |
6. Из каких галогенопроизводных можно получить по реакции Вюрца:

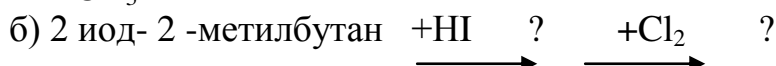
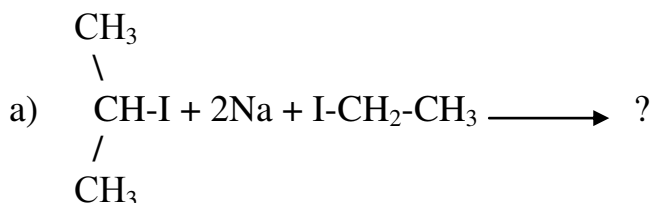
| | | |
|-----------|-------------------|------------------|
| а) бутан; | б) 2-метилпропан; | в) 2-метилбутан. |
|-----------|-------------------|------------------|
7. Написать схему реакции прокалывания следующей соли органической кислоты:



8. Какие галогенопроизводные могут быть получены замещением двух атомов водорода на хлор в углеводороде 2-метилбутан? Назвать образующиеся соединения.

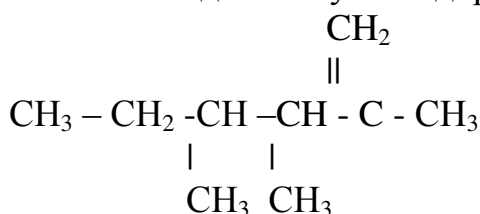
9. Написать схему реакции нитрования (по Коновалову) углеводорода 3-этилпентана.

10. Написать схемы следующих превращений:



11. Объяснить электронное строение σ (сигма)-связей и π (пи)-связи в молекуле пропена.

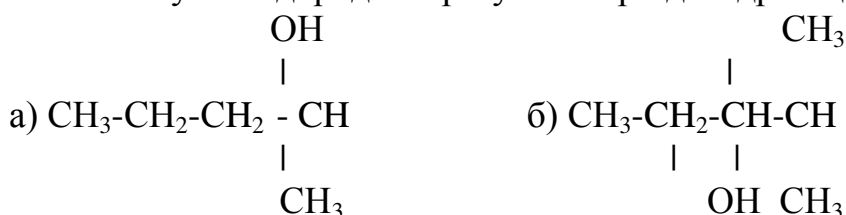
12. Назвать данный углеводород по международной номенклатуре:



13. Написать схему реакции получения углеводорода действием спиртового раствора щелочи (KOH) на 2-бром-2-метилпентан. Назвать полученное соединение.

14. Какими способами можно получить бутен-1?

15. Какие углеводороды образуются при дегидратации спиртов:



16. Какие углеводороды получаются при дегидрировании:

а) 2-метилбутана; б) бутана; в) 2,2-диметилпентана.

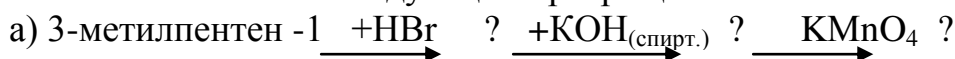
17. Написать схему реакции осторожного окисления KMnO_4 (реакция Вагнера) следующих углеводородов: а) бутен-1; б) 2-метилбутен-2; в) пентен-2.

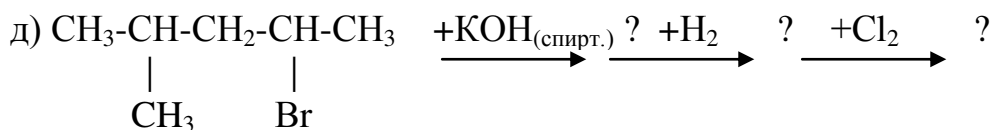
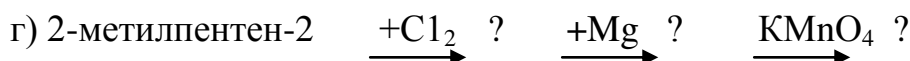
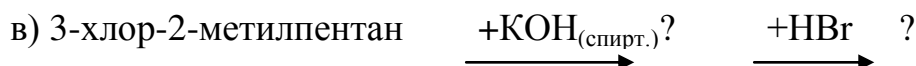
18. Написать схему реакции гидратации углеводородов: а) 2-метилгексен-1; б) бутен-2; в) 3-метилпентен-2.

19. Написать схему реакции присоединения HCl к следующим углеводородам:

а) 2-метилбутен-1; б) 2-метилбутен-2. В какой из этих реакций не имеет значение правило Марковникова?

20. Написать схемы следующих превращений:

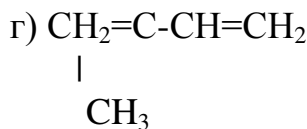
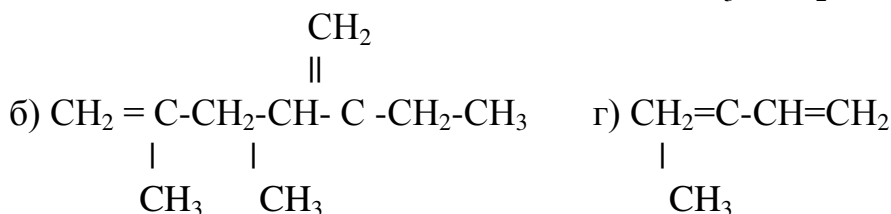
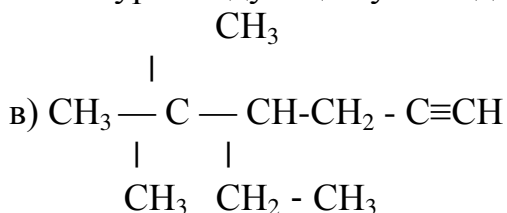
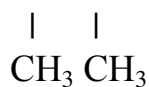
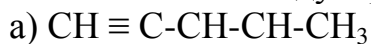




Тема 2. Алкины. Диены

1. Указать тип гибридизации орбиталей в ацетиленовых углеводородах. Чем образованы σ (сигма)-связи и сколько их в пропине?

2. Назвать по международной номенклатуре следующие углеводороды:



3. Какая реакция лежит в основе промышленного способа получения ацетилена?

4. Написать уравнение реакции между 1,1-дибром-3-метилбутаном и избытком спиртового раствора щелочи. Назвать полученное соединение.

5. Какой ацетиленовый углеводород может быть получен из 3,3-диметилпентена-1?

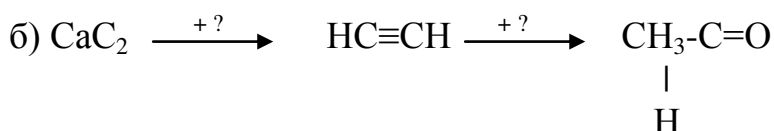
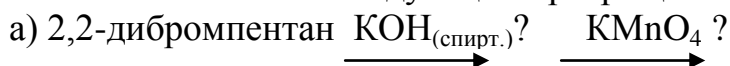
6. Получить любым способом 3-метилпентин-1 и написать для него уравнения реакций: а) с водой (в условиях реакции Кучерова); б) с аммиачным раствором оксида Ag.

7. Написать химические реакции пропина: а) с HBr; б) с Na. Назвать полученные соединения.

8. Указать, какими реакциями можно отличить друг от друга три углеводорода: пропан, пропен-1, пропин-1. Написать схемы реакций.

9. Написать уравнение реакций гидратации для этина и бутина-1.

10. Написать схемы следующих превращений:



в) 1,1,2,2-тетрабромбутан $\xrightarrow{+2Zn}$? $\xrightarrow{+Na}$?

11. Получить изопропилацетилен из соответствующего дигалогенопроизводного. Написать для него уравнение реакции с избытком бромистого водорода. Назвать полученное соединение.

12. Указать, какой качественной реакцией можно отличить бутин-1 от бутина-2.

13. Классификация диеновых углеводородов. Изобразить электронное строение бутадиена-1,3.

14. Как отражаются особенности строения соединений с сопряженными двойными связями на химических свойствах соединений? Привести примеры реакций.

15. Написать уравнения реакций для 3-метилпентадиена-1,3 и 3-метилпентина-1 со следующими веществами: а) HCl; б) Br₂. Назвать полученные соединения.

16. Написать уравнение реакции полимеризации изопрена (2-метилбутадиен-1,3). Назвать полученный полимер.

17. Написать схему реакции получения бутадиенового синтетического каучука по способу Лебедева.

18. Написать схему реакции получения синтетического хлорпренового каучука.

19. Написать схему реакции бромирования 2-метилпентадиена-1,4. Назвать полученное соединение.

20. Написать схемы следующих превращений:

а) ацетилен $\xrightarrow{+?}$ винилацетилен $\xrightarrow{+HCl}$? $\xrightarrow{\text{полимеризация}}$?

б) 1,4-дибромбутан $\xrightarrow{+KOH_{(спирт.)}}$? $\xrightarrow{+H_2}$? $\xrightarrow{+Cl_2}$? $\xrightarrow{KOH_{(спирт.)}}$?

в) 1-бромпентан $\xrightarrow{KOH_{(спирт.)}}$? $\xrightarrow{-H_2}$? $\xrightarrow{+Na}$?

21. Получить дивинил по способу Лебедева. Написать для дивинила реакции гидрирования, бромирования и гидратации.

Тема 3. Арены

1. Написать структурные формулы парадиметилбензола, метаксилола и ортоди-хлорбензола.

2. Привести схему распределения электронной плотности в нитробензоле. Как влияет введение нитрогруппы на электронную плотность в бензольном ядре?

3. Кратко сформулировать правило замещения в бензольном ядре.

4. Написать структурные формулы ароматических углеводородов состава C₈H₁₀ и назвать их.

5. Написать схему реакции Вюрца-Фиттига для получения пропилбензола.

6. Написать схему реакции гидрирования бензола. В каких условиях происходит присоединение водорода?

7. Дополнить схему следующих превращений, указав над стрелками реагенты:

C₆H₆ $\xrightarrow{+?}$ C₆H₅NO₂ $\xrightarrow{+?}$ мета - C₂H₅-C₆H₄-NO₂ $\xrightarrow{+?}$ мета -HOOC -C₆H₄ -NO₂ $\xrightarrow{+?}$ мета -HOOC -C₆H₄ -NH₂

8. Написать схему взаимодействия изопропилбензола с хлором (при нагревании)

без катализатора).

9. Написать схему реакции взаимодействия изопропилбензола с хлором (на холоде в присутствии AlCl_3).

10. Схема окисления п-диметилбензола обычными окислителями (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

11. Что получится при энергичном окислении бензола?

12. Написать уравнение реакции нитрования толуола. Указать условия протекания реакции.

13. Написать реакцию получения ароматического углеводорода ряда бензола путем каталитического дегидрирования алициклического углеводорода 1,4-диметилциклогексана.

14. Написать схему реакции образования бензола при тримеризации ацетилена.

15. Какой углеводород ряда бензола может образоваться при реакции каталитической дегидроциклизации ациклического углеводорода гептана?

16. Написать схему реакции получения этилбензола по способу Фриделя-Крафтса.

Тема 4. Галогенопроизводные ациклических углеводородов

1. Написать структурную формулу 2-хлор-3, 3-диметилбутана.

2. Написать схему реакции взаимодействия пропана с одной молекулой хлора. Назвать продукт реакции по международной номенклатуре.

3. Написать уравнение реакции взаимодействия йодистого изопропила с водным раствором щелочи.

4. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:

2,2-дихлорпропан $\xrightarrow{+?}$ пропин $\xrightarrow{+?}$ метилацетиленид натрия?

5. Написать схему получения бромистого этила из соответствующего спирта.

6. Написать схему взаимодействия 1-бром-2-метилбутана со спиртовым раствором щелочи. Назвать полученный продукт.

7. Назвать схему получения хлорпрена (из ацетилена через винилацетилен) и схему его полимеризации.

8. Написать схему получения йодоформа.

9. Какие соединения получают при действии указанных реагентов:

пропилен $\xrightarrow{+\text{Cl}_2}$? $\xrightarrow[\text{избыток}]{\text{NaOH}_{(\text{спирт})}}$? $\xrightarrow[\text{[Cu(NH}_3)_2]\text{Cl}]{\text{CuCl}+2\text{NH}_3}$?

Написать схемы реакций

10. Написать схему реакции последовательного присоединения двух молекул хлористого водорода к пентадиену-1,3. Назвать продукты реакции.

РАЗДЕЛ 2. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ



К данному разделу относятся спирты и фенолы, альдегиды и кетоны, карбоновые кислоты, оксикислоты и оксокислоты, простые и сложные эфиры, липиды.

Их химические свойства определяются наличием функциональных групп. *Спирты* являются производными углеводородов, в молекуле которых один или несколько атомов водорода замещены гидроксильными группами — OH. Спирты не обладают ярко выраженными кислотными или основными свойствами: они амфотерны. Для них характерны следующие типы химических реакций:

- а) замещение водорода в гидроксогруппе (с металлами, с кислотами);
- б) замещение гидроксогруппы (с PCl_5 , с NH_3 , межмолекулярная и внутримолекулярная дегидратация);
- в) окисление спиртов.

Альдегиды и кетоны обладают большой реакционной способностью, которая объясняется наличием двойной связи в карбонильной группе $\text{C}=\text{O}$. Для них характерны следующие типы химических реакций:

- а) присоединения с (H_2 ; HCN ; NaHSO_3 ; $\text{CH}_3\text{-OH}$);
- б) замещения в карбонильной группе (PCl_5 ; $\text{NH}_2\text{-OH}$; $\text{NH}_2\text{-NH}_2$; $\text{NH}_2\text{-NH-C}_6\text{H}_5$);
- в) замещения в радикале при α -углероде ($+\text{Cl}_2$);
- г) конденсации (альдольная, кротоновая);
- д) окисления (KMnO_4 ; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$; $\text{Cu}(\text{OH})_2$).

Карбоновые кислоты имеют функциональную группу $\text{C}=\text{O}$ и обладают всеми общими свойствами кислот:

- а) диссоциация кислот;
- б) взаимодействии кислот с металлами, основаниями, солями, спиртами, галогенами;
- в) образование сложных эфиров и амидов.

Оксикислоты относятся к соединениям со смешанными функциями, т.е. они обладают свойствами кислот и спиртов.

Оксокислоты содержат карбоксильную и карбонильную функциональные группы и обладают свойствами карбоновых кислот и карбонильных соединений.

При изучении физических и химических свойств кислородсодержащих органических соединений следует усвоить следующее.

1. Взаимное влияние атомов в молекуле кислородсодержащих органических

соединений.

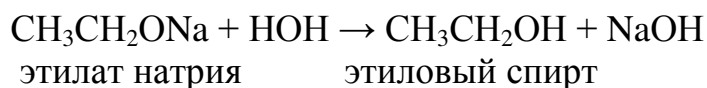
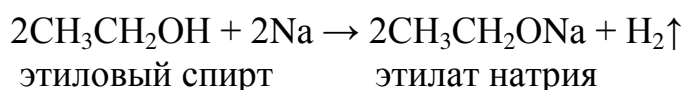
2. Уметь показать генетическую связь между классами органических соединений, как, исходя из углеводов, можно с помощью химических реакций получить спирт, альдегид, кетон, кислоты.
3. Знать классификацию первичных, вторичных, третичных спиртов. Обратить внимание на их реакции окисления, на реакции образования алколятов, гликолятов, глицератов. Уметь показать отличие одноатомных спиртов от многоатомных, привести качественную реакцию на многоатомные спирты.
4. Уяснить различия между спиртами и фенолами, обусловленные электроотрицательным характером фенольного радикала, который придает фенолу кислые свойства.
5. Уметь сопоставить химические свойства альдегидов и кетонов и указать реакции, отличающие эти два вида соединений, привести качественную реакцию на альдегидную группу.
6. Уяснить, что сложный эфир глицерина и высокомолекулярных жирных кислот представляет собой *жир*. Уделить особое внимание омылению и гидрогенизации жиров, иметь понятие о фосфолипидах.
7. Необходимо уметь писать уравнения реакций диссоциации кислот, реакции взаимодействия кислот с металлами, основаниями, солями, спиртами, галогенами. Из химических реакций особое внимание следует уделить образованию сложных эфиров и амидов.
8. Обратить внимание на оптическую или зеркальную изомерию, которая присуща органическим соединениям, содержащим асимметрический атом углерода. Надо иметь в виду важность реакций окисления оксикислот с образованием альдо- и кетокислот, например, окисления молочной оксикислоты в кетокислоту (пировиноградную). Эта реакция имеет большое биологическое значение в обмене веществ.



Лабораторная работа № 2

Опыт 1. Образование этилата натрия

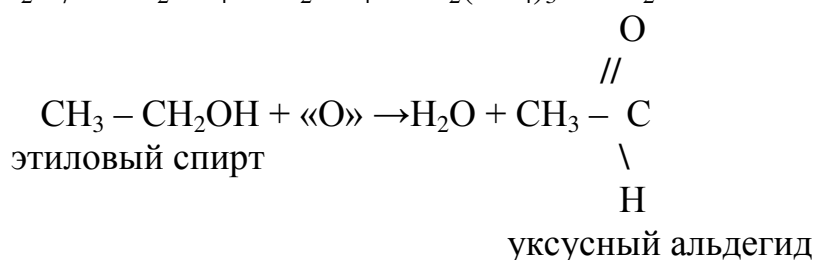
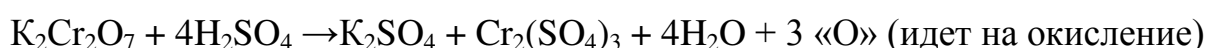
В сухую пробирку наливают 1 мл этилового спирта и вносят кусочек металлического натрия. Реакция проходит с выделением водорода. На дне пробирки образуется беловатый осадок этилата натрия, который растворяют, добавляя дистиллированную воду. При действии воды этилат натрия гидролизуеться с образованием спирта и щелочи. Добавляя 1 каплю спиртового раствора фенолфталеина, наблюдают малиновое окрашивание:



Этиловый спирт применяют в качестве исходного синтетического материала для получения каучука, уксусной кислоты, фруктовых эссенций, фармацевтических препаратов; среды для проведения физико-химических и биохимических опытов; растворителя, горючего, как дезинфицирующее средство.

Опыт 2. Окисление этилового спирта хромовой смесью

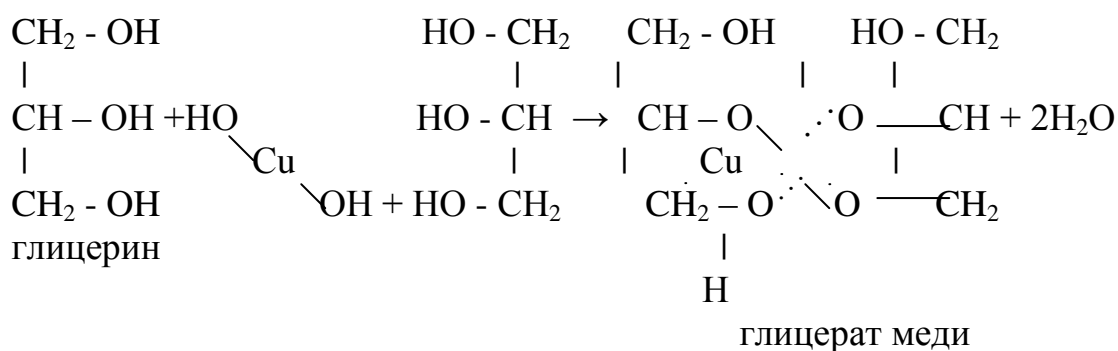
В пробирку наливают 1 мл этилового спирта, 0,5 мл 2 н. раствора серной кислоты и 1 мл 0,5 н. раствора бихромата калия. Содержимое пробирки нагревают над пламенем спиртовки до начала изменения цвета. Обычно через несколько секунд цвет раствора становится синевато-зеленым (цвет солей трехвалентного хрома). Образовавшийся уксусный альдегид определяют по запаху:



① Опыт 3. Качественная реакция на гликоли и многоатомные спирты (с гидроксидом меди (II))

В пробирку наливают 1-2 мл 3%-го раствора CuSO_4 и добавляют 2 мл 5%-го раствора гидроксида натрия. К смеси прибавляют 0,5 мл исследуемого раствора (глицерина). При наличии многоатомного спирта появляется интенсивно-синий цвет. Многоатомные спирты с гидроксильными группами у соседних углеродных атомов образуют гликоляты (глицераты) меди хелатного строения, которые растворяются в воде и окрашены в ярко-синий цвет.

Глицерин взаимодействует с гидроксидом меди по схеме:



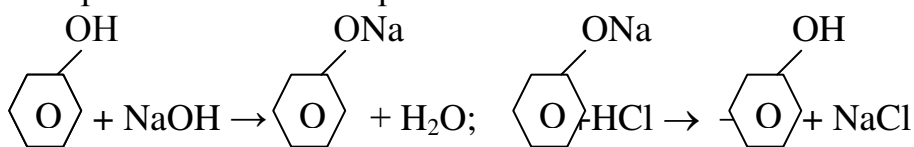
Глицерин применяют как средство, предохраняющее от высыхания; в пищевой и ликерной промышленности; в полиграфии; для приготовления нитроглицерина; в медицине, парфюмерии; при производстве глицерофталевых смол для пластмасс. Глицерин используют при лечении сердечно-сосудистых

заболеваний. Этиленгликоль используют в качестве синтетического материала, например, для получения лавсана, для приготовления антифризов – низкозамерзающих жидкостей для охлаждения моторов, он входит в состав тормозных жидкостей.

Опыт 4. Доказательство кислотного характера фенола

В пробирку наливают 1 мл эмульсии фенола в воде и 1 мл 2 н. раствора гидроксида натрия. Эмульсия в пробирке исчезает и образуется хорошо растворимый в воде фенолят натрия.

Раствор фенолята натрия разливают в две пробирки. В одну наливают 0,5 мл хлорида трехвалентного железа — синее окрашивание не образуется, а выпадает бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$. В другую пробирку наливают соляной кислоты (рН должен быть меньше 7,0), выделяется свободный фенол в виде эмульсии, которая всплывает в верхний слой.

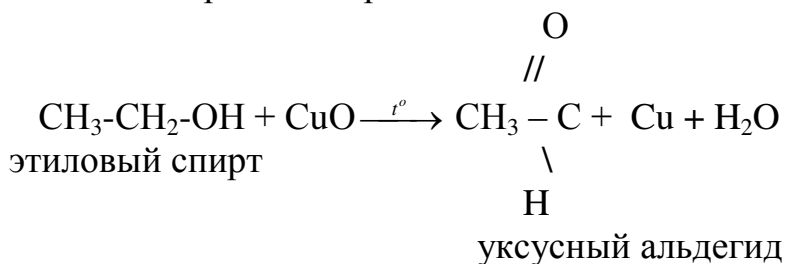


фенол

фенолят натрия

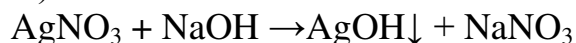
Опыт 5. Получение уксусного альдегида из этилового спирта

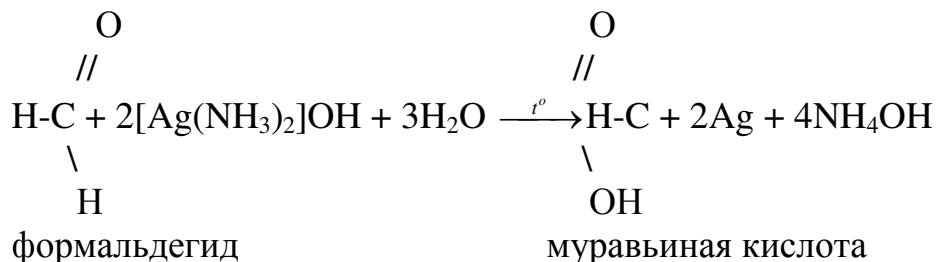
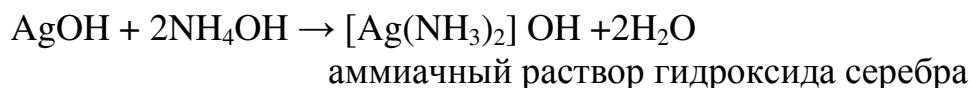
В пробирку, содержащую 1 мл этилового спирта, опускают предварительно нагретую медную проволочку. Эту процедуру необходимо повторить 3-4 раза. В пробирке образуется уксусный альдегид, обнаруживаемый по запаху или при действии фуксиносернистой кислоты. Изменение цвета до синекрасного подтверждает образование альдегида:



ⓘ Опыт 6. Качественная реакция на альдегидную группу – Реакция Толленса (реакция серебряного зеркала)

В пробирке смешивают 0,5 мл свежеприготовленного 10%-го раствора азотно-кислого серебра и 0,5 мл 2 н. раствора гидроксида натрия. К смеси по каплям приливают 2%-й раствор аммиака до растворения осадка гидроксида серебра. Потом добавляют несколько капель формальдегида. При легком нагревании быстро начинает выделяться серебро на стенках пробирки (серебряное зеркало).

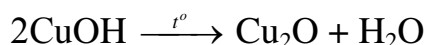
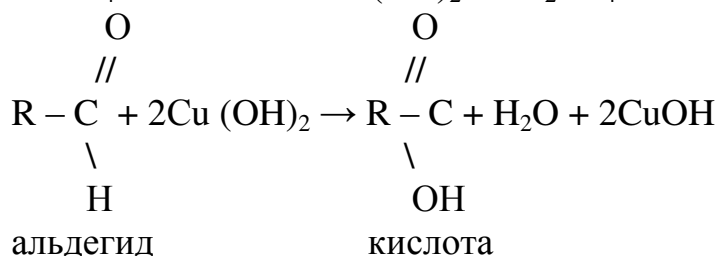
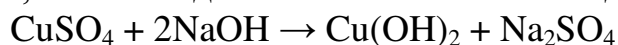




Формальдегид вступает в соединение с белками, осаждает и уплотняет их, что позволяет использовать его как дезинфицирующее и протравливающее средство, 40%-й водный раствор формальдегида (формалин) применяют как фунгицид (средство для борьбы с грибковыми заболеваниями растений), для консервирования различных биологических препаратов.

① Опыт 7. Окисление альдегида гидроксидом двухвалентной меди (реакция медного зеркала)

В пробирку наливают 1 мл 2 н. гидроксида натрия и 0,5 мл 2 н. раствора сульфата меди. К выпавшему осадку гидроксида меди прибавляют 1 мл альдегида. Содержимое пробирки взбалтывают и нагревают в средней части так, чтобы нижняя часть оставалась для контроля холодной. В нагретой части пробирки выделяется осадок, вначале желтый, затем он краснеет и, если пробирка чистая, может выделиться на ее стенках медное зеркало.



Эта реакция также является качественной реакцией на альдегиды.

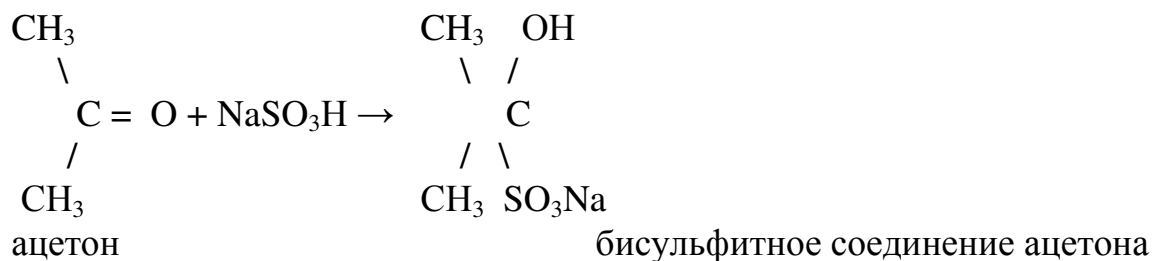
① Опыт 8. Цветная реакция на ацетон с нитропруссидом натрия

В пробирку помещают 0,5 мл 0,5 н. раствора нитропрусида натрия $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5 \text{NO}]$, 1 мл воды и 0,5 мл водного раствора ацетона. К смеси в пробирке добавляют 1 мл 2 н. раствора NaOH . В присутствии ацетона (и всех альдегидов) раствор приобретает красноватую окраску, постепенно переходящую в оранжевую. Полученный раствор разливают в две пробирки. В одну пробирку добавляют 1 каплю 2 н. раствора уксусной кислоты. Окраска усиливается, принимая вишнево-красный оттенок. Цветная реакция с нитропруссидом натрия

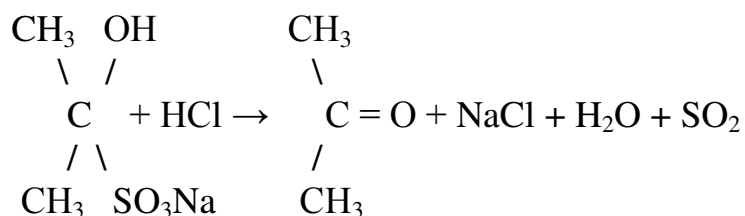
(проба Легалья) очень чувствительна и широко применяется в клинической практике.

Опыт 9. Реакция ацетона с гидросульфитом (бисульфитом) натрия

В пробирку наливают 1 мл насыщенного раствора гидросульфита натрия (NaHSO_3), добавляют 1 мл ацетона. Смесь перемешивают и наблюдают образование кристаллического осадка бисульфитного соединения ацетона.

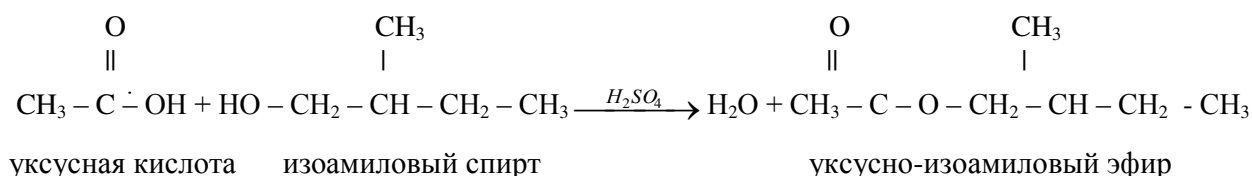


Реакцию применяют для выделения альдегидов и кетонов из трудно разделяемых смесей, например, со спиртами или углеводородами. Отфильтрованное бисульфитное соединение легко разлагается под действием разбавленного раствора кислоты или соды с выделением свободного альдегида или кетона.



Опыт 10. Получение уксусно-изоамилового эфира (грушевая эссенция)

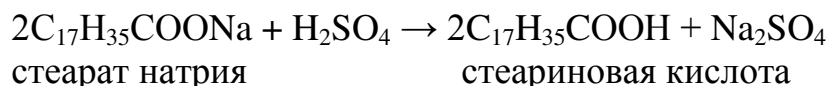
В пробирку наливают 0,5-1 мл изоамилового спирта, 0,5 мл уксусной кислоты и добавляют 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Реакционную смесь нагревают на кипящей водяной бане в течение 15 - 20 мин. Охлаждая смесь, выливают ее в пробирку с водой. В верхнем слое смеси будет находиться эфир с приятным запахом.



При производстве прохладительных напитков, конфет используют и другие сложные эфиры: этиловый эфир масляной кислоты – ананасовая эссенция, пентиловый эфир изовалериановой кислоты – апельсиновая эссенция, изоамиловый эфир изовалериановой кислоты – яблочная эссенция.

Опыт 11. Выделение свободных жирных кислот из мыла

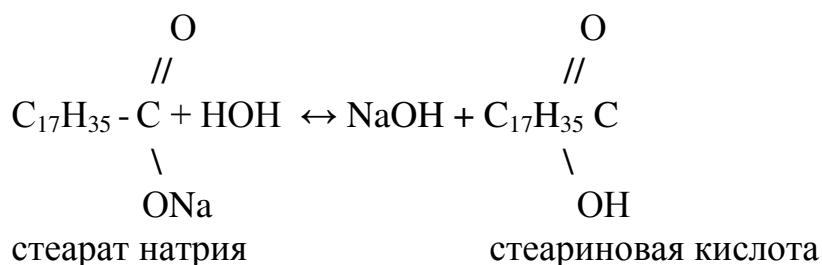
В пробирку наливают 1-2 мл раствора мыла и добавляют к нему 0,5-1 мл 2 н. H_2SO_4 (до кислой реакции среды). Немедленно выпадает белый хлопьевидный масляно-кислый осадок свободных жирных кислот, которые необходимо сохранить для проведения следующего опыта:



Водные растворы мыла совместно с другими химикатами используют для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.

Опыт 12. Гидролиз спиртового раствора мыла

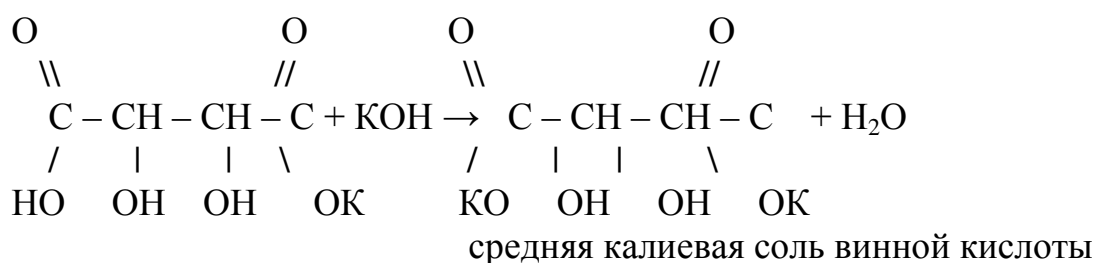
Помещают в пробирку крупинку мыла и добавляют 1 каплю спиртового раствора фенолфталеина. Покраснения не наблюдается. Это подтверждает, что мыло является смесью солей высших жирных кислот и не содержит свободной щелочи. Если в пробирку добавлять дистиллированную воду (5-10 капель), то по мере прибавления воды происходит гидролиз и появляется розовое окрашивание:



Реакция водных растворов мыла всегда щелочная.

Опыт 13. Образование калиевых солей винной кислоты

В пробирку наливают 0,5 мл 2 н. раствора винной кислоты и добавляют 1 мл 0,5 н раствора КОН. При встряхивании выпадает осадок белого цвета кислой калиевой соли винной кислоты. Продолжают добавлять раствор 0,5 н. КОН при перемешивании до полного растворения осадка. Образуется средняя калиевая соль, растворимая в воде:

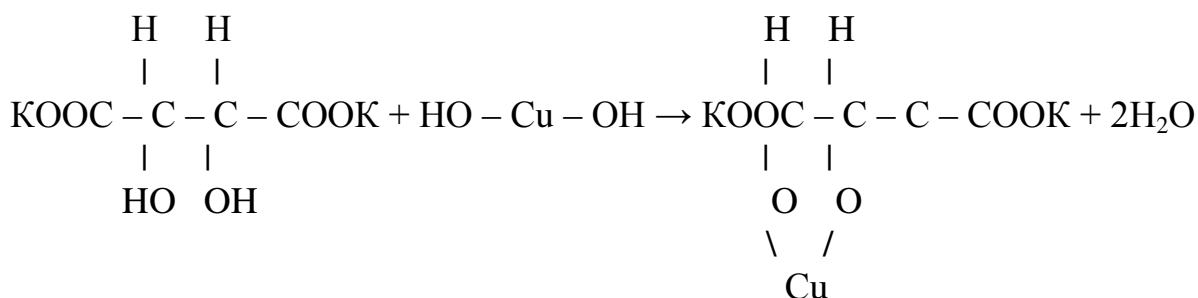


Сохранить раствор для следующего опыта.

Опыт можно несколько видоизменить: после получения осадка кислой калиевой соли для растворения его добавляют 0,5 н. NaOH. В этом случае получается двойная соль калия и натрия винной кислоты – сегнетова соль. Написать схему реакции образования сегнетовой соли.

Опыт 14. Взаимодействие соли винной кислоты с гидроксидом двухвалентной меди

Помещают в пробирку 0,5 мл 0,2 н. раствора CuSO_4 и 0,5 мл 2н. NaOH. Выпадает голубой осадок гидроксида меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Добавляют к нему раствор средней калиевой соли винной кислоты, полученной в опыте № 14. Происходит растворение голубого осадка и образование синего раствора. Нагревают раствор до кипения, чтобы убедиться, что в нем не происходит никаких изменений:



Если исходное количество соли винной кислоты больше, чем гидроксида меди, то медь будет образовывать комплексное соединение с двумя молекулами соли винной кислоты. Следует написать структурную формулу соединения для этого случая. Щелочной раствор комплексного соединения двухвалентной меди с солью винной кислоты называют фелинговой жидкостью. Она устойчива к нагреванию и легко окисляет многие альдегиды и сахара.

? Задания для самостоятельной подготовки студентов

Тема 5. Спирты

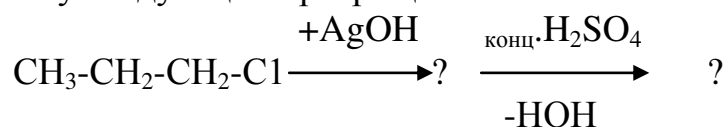
1. Вывести формулы изомерных спиртов $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ (4 изомера). Назвать их:
а) по р.н.; б) по м.н.; в) указать: первичные, вторичные, третичные спирты.
2. Написать и объяснить реакцию получения спирта путем гидратации этиленового углеводорода изобутилена. Назвать образующийся спирт.
3. Какой спирт образуется при действии водного раствора щелочи на галогеналкил 4-хлор-2метилбутан?
4. Написать схему реакции восстановления альдегида $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C}=\text{O}$

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \\ || \\ \text{O} \end{array}$$
до спирта. Назвать полученное соединение.
5. Написать схему реакции восстановления кетона $\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ до спирта

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$

Назвать полученное соединение.

6. Дописать схему следующих превращений :



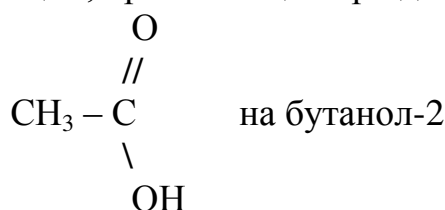
7. Написать уравнение реакций образования алколюлятов при взаимодействии пропилового спирта: а) с натрием; б) с кальцием. Назвать полученные соединения.

8. Написать реакцию взаимодействия пропантриола - 1,2,3: а) с Cu(OH)_2 ; б) с HNO_3 .

Назвать полученные соединения.

9. Написать реакцию пропилового спирта: а) с PCl_5 ; б) с HBr .

10. Написать схему реакции, протекающей при действии уксусной кислоты



11. Написать схему реакции внутримолекулярной дегидратации спирта 2-метилбутанола-2.

12. Написать схему реакций межмолекулярной дегидратации, протекающей при пропускании над катализатором (Al_2O_3) изопропилового спирта. Какое вещество образуется?

13. Написать схемы реакций окисления спиртов: а) пропанол-1; б) 3-метилбутанол -2; в) 2 -метилбутанол -2.

14. Написать для аллилового спирта следующие реакции:

а) действие металлического натрия;

б) окисление спирта по группе $-\text{OH}$;

в) каталитическое гидрирование по двойной связи;

г) присоединение брома;

д) осторожное окисление по двойной связи (действие KMnO_4 в щелочной среде). Назвать образующиеся соединения.

15. Написать схему реакции этиленгликоля с гидроксидом меди.

Тема 6. Фенолы. Ароматические спирты

1. Как относятся к действию водного раствора щелочи: а) пара-крезол; б) бензиловый спирт. В каких случаях реакции не идут? Почему?

2. Написать схемы реакций, протекающих при действии:

а) соляной кислоты на фенолят натрия;

б) разбавленной H_2SO_4 на орто-крезолят натрия;

в) угольной кислоты на β -нафтолят калия.

3. Написать схему реакции, протекающей при взаимодействии фенолята натрия с хлорангидридом уксусной кислоты.

4. Какие однозамещенные производные фенола образуются, если его: а) хлорировать; б) бромировать; в) сульфировать; г) нитровать? Написать схемы и объ-

яснить реакции.

5. Какие соединения могут быть получены при действии избытка:

- а) брома на фенол;
- б) азотной кислоты на мета-крезол;
- в) азотной кислоты на пара-крезол.

Объяснить реакции. Назвать образующиеся соединения.

6. Написать схемы реакции и указать условия получения фенолов из:

- а) бромбензола; б) орто-хлортолуола; в) мета-нитрохлорбензола;
- г) α -хлорнафталина. Назвать образующиеся фенолы.

7. Написать схемы реакции и указать условия получения фенола из:

- а) бензолсульфокислоты; б) пара-толуолсульфокислоты.

Тема 7. Альдегиды. Кетоны

1. Написать структурные формулы следующих соединений:

- а) изоамиловый альдегид;
- б) метилизопропил-кетон;
- в) 2-метилпентаналь;
- г) 2,2,6-триметилгептанон -4.

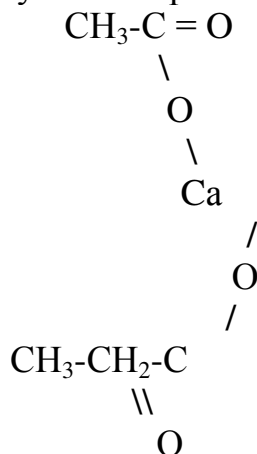
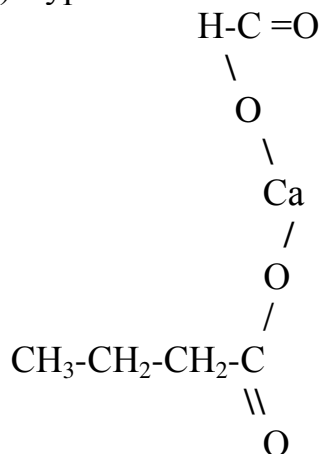
2. В чем основное отличие электронной структуры двойной связи в карбонильной группе от двойной углерод-углеродной связи в этилене?

3. Написать реакции гидролиза следующих диалогенопроизводных:

- а) 1,1-дибром-3-метилпентан; б) 3,3-дихлор-2-метилпентан. Назвать полученные соединения.

4. Какие соединения получатся при перегонке кальциевых солей смесей кислот:

- а) муравьиной и масляной
- б) уксусной и пропионовой



5. Какое соединение получится при каталитическом дегидрировании вторичного бутилового спирта? Составить схему реакции.

6. Написать схему реакции гидратации следующих ацетиленовых углеводородов: ацетилена, пропина, бутина-2.

7. Какие карбонильные соединения получатся при окислении следующих спиртов: бутанола-1; бутанола-2; 3-метилбутанола-2?

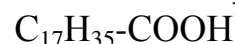
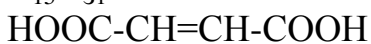
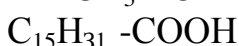
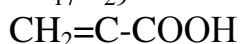
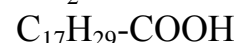
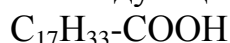
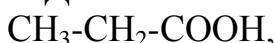
8. Написать реакции ацетона со следующими веществами: а) хлором; б) гидроксиламином; в) метиловым спиртом.

9. Чем отличаются альдегиды от кетонов?

10. Написать схему реакции «серебряного» и «медного» зеркала для альдегида.
11. Написать уравнение реакции альдольной конденсации пропионового альдегида.
12. Написать уравнения реакций бутанала: а) с HCN; б) с NaHSO₃; в) с PCl₅; г) с H₂.
13. Написать уравнения реакций окисления диэтилкетона и уксусного альдегида.
14. Написать уравнение реакции альдольной конденсации шести молекул муравьиного альдегида (реакция А. М. Бутлерова).
15. Используя в качестве исходного вещества толуол, получить бензойный альдегид и написать для него реакции с синильной кислотой, хлором.
16. Написать уравнение реакции кротоновой конденсации уксусного альдегида.
17. Написать формулу акролеина. Указать качественные реакции, с помощью которых можно выявить наличие в нем двойной связи между углеродными атомами.
18. Написать схему реакции окисления акролеина перманганатом калия.
19. Написать схему реакцию окисления бутанола-2.
20. Написать схемы реакций следующих превращений:
 - а) 1,1-дибромпропан $+2\text{NaOH} \rightarrow ? + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow ?$
 - б) 2-хлорбутан $+ \text{HOH} \rightarrow ? + \text{KMnO}_4 \rightarrow ? + \text{KMnO}_4 \rightarrow ?$
 - в) 3-метилпентин-1 $+ \text{HOH} \xrightarrow{?} \xrightarrow{+\text{Cl}_2} \xrightarrow{?} \xrightarrow{+\text{PCl}_5} ?$
 - г) бутанол-2 $\xrightarrow{+\text{KMnO}_4} ? \xrightarrow{+\text{HCN}} ?$
 - д) $\text{CH}_2=\text{CH}-\underset{\text{H}}{\underset{\text{N}}{\text{C}}}=\text{O} \xrightarrow{+\text{HBr}} ? \xrightarrow{+[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}} ?$

Тема 8. Карбоновые кислоты

1. Дать названия: тривиальные, по р.н., и м.н. следующим кислотам:



Назвать геометрические изомеры.

2. Составить структурные формулы кислот: изомасляной, изовалериановой, 2,3-диметилбутановой, диметилэтилуксусной, метилизопропилуксусной, изокапроновой, глутаровой, диметилмалоновой, α,α-диметилянтарной, 2,3-диметилбутановой, гександиовой.
3. Назвать соединения, которые получаются при окислении: бутилового и изобутилового спирта, третбутилкарбинола; масляного, изомасляного, метилуксусного альдегидов; гексанона-2, метилэтилкетона, этилизопропилкетона.
4. Написать схемы реакций нитрильного синтеза, взяв в качестве исходных веществ: 1-бромпропан, бромистый этил, 2-бром-2-метилпропан.
5. Получить янтарную и глутаровую кислоты окислением двух первичных гли-

колей или гидролизом динитрилов.

6. Написать схемы реакций взаимодействия:

а) пропионовой, диметилуксусной, щавелевой, малоновой, бензойной, орто- и терефталевой кислот с $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

б) масляной и изомасляной кислот с CaCO_3 и NH_3 ;

в) щавелевой и малоновой кислот с одной и двумя молекулами NaOH ;

г) пропионовой кислоты и пропанола-2; уксусной кислоты и метилэтилкарбинола; изомасляной кислоты и этанола; щавелевой и малоновой кислот с одной и двумя молекулами изопропилового спирта; терефталевой кислоты с одной и двумя молекулами $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$.

7. Написать схемы реакций получения амидов кислот из аммонийных солей уксусной, пропионовой, изомасляной кислот. Назвать их.

8. Написать схемы реакций галогенирования в присутствии PCl_5 кислот: масляной, изомасляной, метилэтилуксусной.

9. Написать схемы реакций окисления муравьиной, масляной, изомасляной, метилэтилуксусной кислот перманганатом калия и перекисью водорода.

10. Написать уравнения реакций образования ангидридов кислот, взяв в качестве исходных следующие вещества: хлорангидрид уксусной кислоты и муравьино-кислый калий, хлорангидрид пропионовой кислоты и натриевую соль этой же кислоты, бромангидрид изомасляной кислоты и изомасляно-кислый калий, хлорангидрид бензойной кислоты и соль натрия этой кислоты.

11. Действием PCl_5 или SOCl_2 получить хлорангидриды следующих кислот: пропионовой, изомасляной, бензойной, ортофталевой.

12. Написать уравнения реакций взаимодействия:

а) пропионического ангидрида и хлорангидрида с метанолом;

б) изомасляного ангидрида и хлорангидрида с пропанолом-2;

в) бензойного ангидрида с этиловым спиртом.

13. Написать схемы реакций, которые протекают при нагревании кислот: щавелевой, малоновой, метилмалоновой, диметилмалоновой, янтарной, метилянтарной, глутаровой, ортофталевой, а также при пиролизе солей Ca или Ba адипиновой кислоты.

14. Какие кислоты получают при окислении или хлорировании с последующим гидролизом соединений: толуола, орто-ксилола, мета-ксилола, пара-ксилола?

Тема 9. Жиры. Сложные эфиры

1. Написать схемы образования триглицеридов кислот:

а) стеариновой; б) олеиновой. Назвать триглицериды.

2. Написать уравнения реакций гидролиза триглицеридов (стеариновой, олеиновой). Указать условия гидролиза жиров.

3. Написать структурную формулу жидкого жира. Указать, от чего зависит консистенция жиров.

4. Что называется реакцией гидрогенизации? Написать схему реакции гидрогенизации триолеата глицерина. Назвать полученный продукт реакции.

5. Написать схему щелочного гидролиза олеопальмитостеарина. Назвать полученные продукты.

6. На чем основано моющее действие мыла?
7. Написать структурную формулу твердого жира.
8. Написать схему кислотного гидролиза линолеодиолеина. Назвать образующиеся продукты.
9. Какие величины служат для химической характеристики жиров?
10. Написать формулы 5 кислот, которые обычно входят в состав жиров и масел.
11. Написать уравнения реакций действия на триолеин: а) брома, б) водорода в присутствии катализатора.
Объяснить значение этих реакций.
12. Написать уравнения реакций этерификации, при которых получают:
а) полный эфир уксусной кислоты и бутандиола-1,2;
б) неполный эфир муравьиной кислоты и гександиола-1,6.

Тема 10. Окси- и оксокислоты

1. Какой атом углерода называется асимметрическим? Обозначить звездочкой асимметрический атом углерода в следующих соединениях:

$$\begin{array}{ccccc} \text{CH}_2\text{-CH-COOH} & \text{CH}_3\text{-CH-COOH} & \text{HOOC-CH-CH-COOH} \\ | & | & | & | \\ \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} \end{array}$$
2. Чем определяется основность, атомность оксикислот? Написать формулу двухосновной трехатомной кислоты, содержащей 4 атома углерода.
3. Написать схему реакции взаимодействия формальдегида с синильной кислотой с последующим гидролизом полученного соединения.
4. Написать структурные формулы оксикислот состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$ и назвать их.
5. В чем заключается оксинитрильный синтез α -оксикислот? Написать последовательные реакции получения оксикислоты, взяв в качестве исходного вещества этаналь.
6. Какие функциональные группы содержат оксикислоты? Написать уравнения реакций образования простого и сложного эфиров из оксиуксусной кислоты и пропанола-2.
7. Написать схемы реакций этерификации молочной кислоты с этиловым спиртом. Получить все возможные эфиры.
8. Написать схемы реакций α -оксипропионовой кислоты со следующими реагентами: а) NaOH; б) HBr.
9. Написать схемы реакций окисления α - и β -оксипропионовых кислот.
10. Написать схемы реакций оксиуксусной кислоты со следующими реагентами: а) PCl_5 (избыток); б) Ca(OH)_2 .
11. Написать схему реакции окисления яблочной кислоты.
12. Написать схему реакции получения сложного эфира яблочной кислоты с метиловым спиртом.
13. Написать схемы реакций, используя которые, можно получить яблочную кислоту из янтарной.
14. Написать схему реакции гидратации акриловой кислоты. Назвать продукт реакции.

15. При нагревании каких оксикислот (α -, β -, или γ) образуются лактоны? Привести пример.
16. Написать схему реакции, происходящей при нагревании β -оксикапроновой кислоты (3-гидроксигексановой).
17. Что образуется при нагревании молочной кислоты? Написать схему реакции.
18. Написать схему реакции получения пировиноградной кислоты гидролизом виноградной (винной) кислоты.
19. Какая кислота образуется при восстановлении пировиноградной кислоты? Написать схему реакции.
20. Написать схемы реакций салициловой кислоты:
- а) с уксусной кислотой;
- б) с гидроксидом натрия.
21. Написать схему реакции взаимодействия ацетоуксусного эфира с гидросульфитом натрия.
22. Написать енольную формулу ацетоуксусного эфира.
23. Написать схему следующих превращений:
- а) ацетон $\xrightarrow{+\text{HCN}}$? $\xrightarrow{+3\text{HOH}}$? $\xrightarrow{+\text{NaOH}}$?
- б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH} \xrightarrow{+\text{HOH}}$? $\xrightarrow{+2\text{PCl}_5}$?
- в) $\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{COOH} \xrightarrow{+\text{O}(\text{KMnO}_4)}$? $\xrightarrow{+\text{NH}_2\text{OH}}$?
- г) α -оксиуксусная кислота $\xrightarrow{+\text{O}(\text{KMnO}_4)}$? $\xrightarrow{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}}$?
(гликолевая)

РАЗДЕЛ 3. УГЛЕВОДЫ



Углеводы входят в состав всех живых организмов и по массе составляют основную часть органического вещества на земле. Источником углеводов для всех живых организмов является фотосинтез, который осуществляется зелеными растениями и некоторыми бактериями. Углеводы служат главным источником энергии во многих клетках. В виде разнообразных производных углеводы входят в состав клеток, выполняя роль конструкционного материала, запасных веществ, субстратов и регуляторов различных биохимических процессов.

Углеводы принято делить на три класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды, которые по строению и свойствам подразделяются на ряд групп. *Моносахариды* – это многоатомные альдегидо- и кетоспирты. По наличию альдегидной или кетонной группы их делят на альдозы и кетозы. По числу атомов углерода различают триозы, тетрозы, пентозы и гексозы. *Олигосахариды* содержат в своем составе от 2 до 10-20 остатков моноз. Они делятся на восстанавливающие и невосстанавливающие. *Полисахариды* содержат в своем составе от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч остатков моноз. Они мо-

гут быть построены из одного вида моносахаридов – гомополисахариды или из остатков двух и более видов моносахаридов – гетерополисахариды.

При изучении физических и химических свойств кислородсодержащих органических соединений следует усвоить следующее.

1. Разобраться в их классификации, знать, что такое моно-, ди- и полисахариды. Нужно хорошо усвоить строение сахаров, уяснить особенности строения ациклических и циклических форм, уметь писать α и β - формы, D- и L- формы.

2. Изучить структуры пентоз (рибоза и дезоксирибоза), гексоз (глюкоза, фруктоза, галактоза).

3. Понять, что углеводы являются соединениями со смешанными функциями, проявляющими свойства альдегидов или кетонов и многоатомных спиртов, уметь привести качественные реакции, подтверждающие наличие данных функциональных групп.

4. Уяснить, что для углеводов характерно явление таутомерии, т. е. собственная изомеризация, когда вещество может существовать в виде нескольких форм, переходящих друг в друга. Например, циклические формы α - и β - глюкозы образуются из альдегидной за счет перехода атома водорода от пятого или четвертого гидроксила к атому кислорода альдегидной группы. В результате образуется особенно реакционноспособный полуацетальный (гликозидный) гидроксил. Необходимо научиться составлять уравнения реакций в открытой альдегидо- или кетоформе и в циклических (фуранозной и пиранозной). Особое внимание следует обратить на оптическую изомерию сахаров.

5. При изучении *дисахаридов* требуется научиться писать структурные формулы мальтозы, сахарозы, лактозы, целлобиозы; уметь отличать восстанавливающие дисахариды от невосстанавливающих, подтверждая выводы уравнениями реакций.

6. Обратить внимание на эфиры сахаров и, в первую очередь, на фосфорные эфиры. При образовании таких эфиров вступают в реакцию с фосфорной кислотой гидроксильные группы, находящиеся у первого и последнего атомов углерода сахаров.

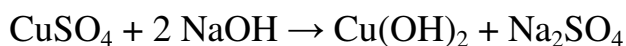
7. Изучение *полисахаридов* следует начинать с отличительных особенностей структурных формул крахмала и клетчатки, знать особенности α - и β -гликозидных связей, а также биологическое и практическое значение этих полисахаридов.

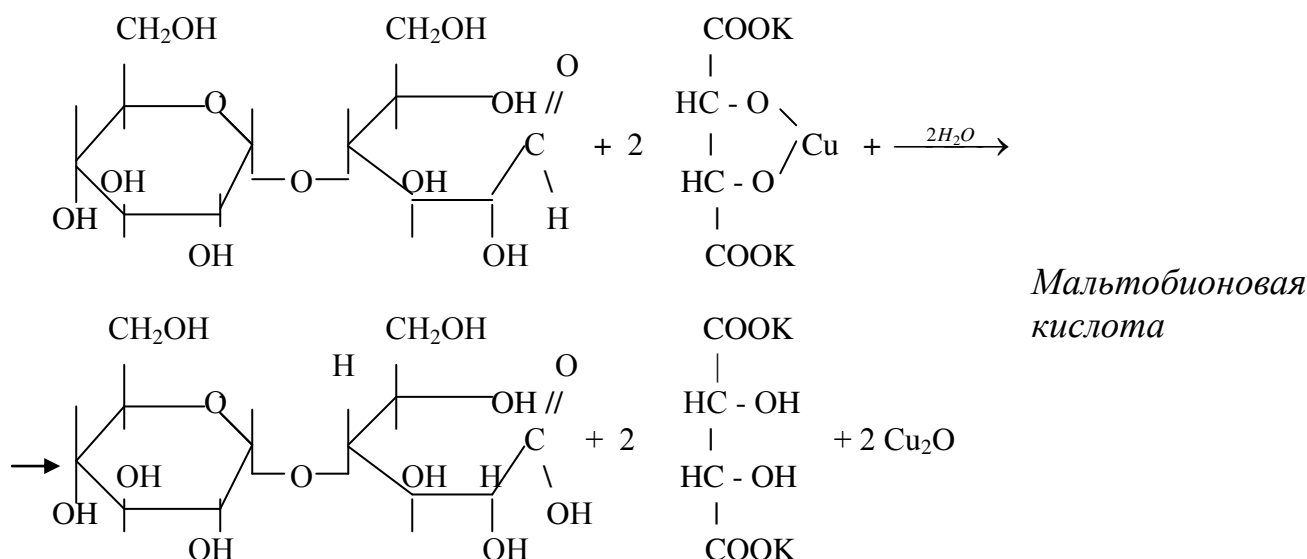


Лабораторная работа № 3

Опыт 1. Доказательство наличия гидроксильных групп в глюкозе

В пробирку помещают 0,5 мл 0,5%-го раствора глюкозы и 1 мл 2 н. раствора NaOH. К полученной смеси добавляют 0,5 мл 0,2 н раствора медного купороса и встряхивают содержимое пробирки. Образующийся вначале голубоватый осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ мгновенно растворяется, получается прозрачный раствор глюконата меди, имеющий слабую синюю окраску:





Мальтоза образуется в молодой поросли зерна — солоде, поэтому ее часто называют солодовым сахаром. Лактоза содержится в молоке млекопитающих: у человека примерно 6%, у коровы — 5%.

В пробирку наливают 1-2 мл 1%-го раствора сахарозы и 2-3 капли 10%-й серной кислоты. Смесь кипятят 3-5 мин. После охлаждения смесь нейтрализуют раствором едкого натра (добавляют 2-3 капли 1 н. раствора), доливают 0,5 мл раствора фелинговой жидкости и снова нагревают. В результате гидролиза сахарозы образуются моносахариды — глюкоза и фруктоза:

Гидролиз (расщепление) сахарозы на составляющие части называется инверсией; образующаяся смесь – инвертный сахар – обычно вместе с самой сахарозой входит в состав пчелиного меда.

? Задания для самостоятельной подготовки студентов

1. Оптическая изомерия. Какой атом углерода называется асимметрическим?
2. Классификация моносахаридов.
3. Что означают символы D- и L-, а также знаки (+) и (-) перед названием моносахаридов?
4. Написать названия шести таутомерных форм D-глюкозы. В чем заключается явление таутомерии?
5. Отличие гликозидного гидроксила от других спиртовых гидроксильных групп.
6. Написать структурные (проекционные) формулы α - и β - D-рибозы. Отметить в этих формулах асимметрические углеродные атомы.
7. Что такое мутаротация и чем она объясняется?
8. Что такое эпимеры? Привести пример.
9. Написать структурные формулы таутомерных форм D-фруктозы (открытую и пиранозную), назвать их.
10. Написать схему промышленного способа получения глюкозы.
11. Осуществить переход и написать в виде проекционных и перспективных формул:
 α -D-глюкопираноза \leftrightarrow D-глюкоза \leftrightarrow β -D-глюкопираноза.
12. Написать схему синтеза первого сахаристого вещества, проведенного А.М. Бутлеровым.
13. На основании каких реакций можно доказать восстанавливающие свойства глюкозы?
14. На основании какой реакции можно доказать, что моносахариды обладают свойствами многоатомных спиртов? Привести пример.
15. Написать реакцию окисления глюкозы до глюконовой, глюкуроновой и сахарной кислоты.
16. Написать реакцию получения 1,6-дифосфата глюкозы.
17. Написать все возможные изомеры D-рибозы.
18. Написать полный сложный уксусный эфир α -D-галактозы.
19. Написать структурные формулы:
а) α -D-этилфруктофуранозид; б) β -D-метилгалактофуранозид.
20. Написать реакцию получения из рибозы: а) рибоновой; б) рибуроновой; в) триоксиглутаровой кислот.
21. Написать реакции окисления фруктозы.
22. Написать реакцию получения фруктоната меди. Какие свойства проявляет фруктоза в данной реакции?
23. Написать реакции гидрирования глюкозы и фруктозы. Назвать полученные соединения.
24. Получить полный простой метиловый эфир α -пентаметилгалактозид.
25. Написать реакцию получения озаона глюкозы.

Тема 12. Ди- и полисахариды

1. Чем отличаются восстанавливающие дисахариды от невосстанавливающих? Привести пример.
2. Написать уравнение синтеза дисахарида лактозы (молочного сахара). Какая связь между моносахаридами в лактозе?
3. В чем заключается инверсия сахара? Что такое инвертный сахар?

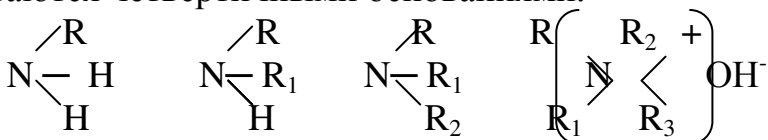
4. Написать уравнение синтеза мальтозы (солодового сахара). Какая связь между моносахаридами в мальтозе?
5. Написать схему реакции образования сахарозы. Может ли данный дисахарид восстанавливать жидкость Фелинга?
6. Написать схему реакции образования дисахарида целлобиозы. Даст ли дисахарид целлобиоза реакцию «серебряного зеркала»?
7. Как образуются фосфаты сахаров? Написать уравнения реакций образования сахарозы-1,6-дифосфат.
8. Написать схему реакции получения α -метилмальтозида.
9. Способна ли мальтоза к таутомерии? Проявляет ли она мутаротацию?
10. Написать схему реакции гидролиза крахмала с указанием промежуточных продуктов.
11. При гидролизе какого полисахарида образуется целлобиоза как промежуточный продукт? Написать структурную формулу этого дисахарида.
12. Указать, чем отличается строение крахмала от строения клетчатки.
13. Что такое гликоген? Какие типы гликозидных связей в нем имеются?
14. Написать уравнение реакции синтеза целлобиозы из глюкозо-1-фосфата и β -D-глюкозы (при этой реакции выделяется свободная фосфорная кислота).
15. Написать схему образования принципиально возможных дисахаридов, построенных из β -D-галактозы.
16. Написать схему реакции сахарозы (свекловичного сахара) с гидроксидом меди при растворении его в растворе сахара.
17. Написать уравнение реакций постепенного гидролиза трисахарида, состоящего из трех молекул глюкозы, соединенных между собой по мальтозному типу связи.
18. Чем отличается строение амилозы от амилопектина?
19. Написать схему получения тринитроклетчатки (пироксилина), используя формулы Хеуордса. Указать его применение.
20. Написать схему реакции гидролиза трегалозы (грибного сахара).
21. Что общего в строении крахмала, клетчатки, гликогена?
22. Написать реакцию разложения мальтозы фосфорной кислотой (фосфороллиз), дать название полученным продуктам.
23. Какой качественной реакцией нужно воспользоваться, чтобы отличить целлюлозу от сахарозы? Написать ее.
24. Какое применение имеет крахмал?
25. Написать схему реакции взаимодействия мальтозы с Ag_2O .

РАЗДЕЛ 4. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ



К азотсодержащим органическим соединениям относятся следующие классы органических соединений: амины, аминоспирты, амиды кислот и аминокислоты.

Амины рассматривают как производные аммиака, в котором атомы водорода замещены углеводородными радикалами. В зависимости от числа остатков углеводородов (радикалов), входящих в молекулу амина, различают первичные, вторичные и третичные амины. Производные гидроксида аммония, содержащие четыре радикала вместо четырех атомов водорода в аммонийной группе, называются четвертичными основаниями.



В природных условиях амины образуются в результате гнилостных бактериальных процессов разложения азотистых веществ, в первую очередь при разложении аминокислот, образующихся из белков.

Аминоспирты – производные углеводородов, в которых атомы водорода замещены аминогруппой и спиртовым гидроксильным. Наибольшее значение имеют коламин и холин, они входят в состав фосфатидов.

Амиды – производные кислот, которые получают из них в результате замещения гидроксила в карбоксильной группе на аминогруппу $-NH_2$.

Аминокислоты – это соединения, в состав которых входят амино- и карбоксильная группы. В зависимости от положения аминогруппы относительно карбоксильной различают α -, β -, γ -аминокислоты. Значение аминокислот велико, так как построенные из них гигантские молекулы белков являются основой жизни.

При изучении физических и химических свойств азотсодержащих органических соединений следует усвоить следующее.

1. Необходимо знать номенклатуру аминов, качественную реакцию, позволяющую отличить первичные, вторичные и третичные амины. Нужно уметь объяснить причину основных свойств аминов. Знать особенности строения ароматического амина — анилина, показать взаимное влияние аминогруппы и ароматического ядра в его молекуле и то, как проявляется это влияние в химических свойствах анилина.

2. При изучении аминоспиртов необходимо показать их бифункциональный характер, уметь подтвердить эти свойства с помощью химических реакций.

3. Изучая амиды кислот, способы их получения и физико-химические свойства, следует особое внимание обратить на полный амид угольной кислоты – карбамид (мочевину). Мочевина является конечным продуктом азотистого обмена веществ человека и животных, находит применение в сельском хозяйстве. Следует уметь писать схемы реакций образования биурета, уреидов, гидролиза мочевины. Знать реакцию конденсации мочевины с формальдегидом,

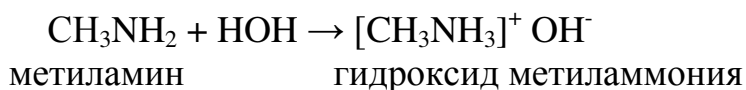
которая лежит в основе производства ценных мочевино-формальдегидных смол (аминопластов).

4. При изучении аминокислот главное внимание нужно обратить на их амфотерность, уметь писать уравнения реакций взаимодействия по карбоксильной и аминогруппе, показать с помощью химических реакций ферментативные процессы декарбоксилирования и дезаминирования аминокислот, которые распространены в природе в растительных и животных организмах. Знать отношение аминокислот к нагреванию и образование пептидов (дипептидов, трипептидов, тетрапептидов и т.д.)

Лабораторная работа № 4

Опыт 1. Щелочная реакция аминов

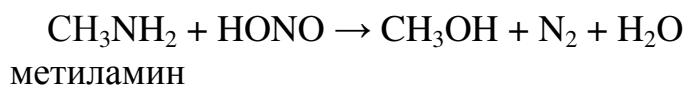
В пробирку наливают 0,5 мл раствора метиламина и испытывают реакцию раствора с фенолфталеином. Щелочная реакция среды обусловлена протекающим в растворе взаимодействием:



Опыт 2. Реакция первичного амина с азотистой кислотой

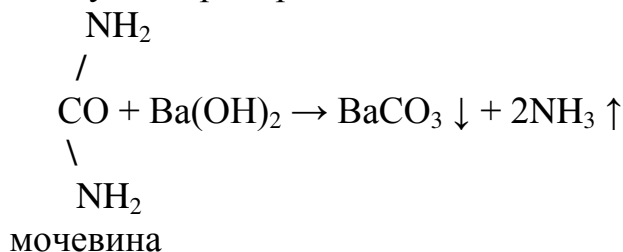
В пробирку наливают 0,5 мл раствора метиламина. Прибавляют 0,5 мл 0,5 н. раствора нитрита натрия и 0,5 мл 2 н. H_2SO_4 , при этом образуется азотистая кислота (HONO), которая взаимодействует с первичным амином.

Происходит выделение пузырьков азота и образование метанола:



Опыт 3. Изучение свойств мочевины

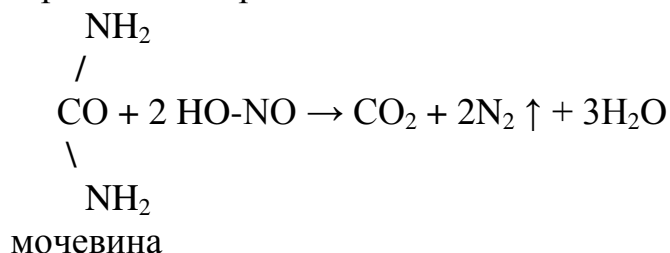
Щелочной гидролиз. В пробирку помещают 1 лопаточку мочевины и осторожно добавляют 0,5 мл баритовой воды так, чтобы не смочить верхние края пробирки. Закрывают неплотно пробирку пробкой, а между пробкой и стенками пробирки помещают узкую полоску красной лакмусовой бумаги. Пробирку нагревают и отмечают посинение лакмусовой бумаги и образование белой мути в пробирке:



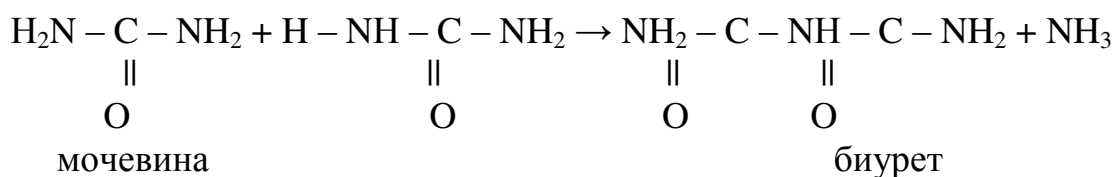
В природных условиях гидролиз мочевины протекает без нагревания под влия-

нием фермента уреазы.

Реакция с азотистой кислотой. В пробирку помещают 1 лопаточку мочевины. Прибавляют 0,5 мл нитрита натрия и каплю 2 н. H_2SO_4 , при этом образуется азотистая кислота (HO-NO), которая вступает в реакцию с мочевиной. При встряхивании происходит выделение азота и двуокиси углерода:



Образование биурета. В пробирке осторожно нагревают около 0,5 г мочевины, которая плавится, выделяя аммиак и образуя биурет:



Чтобы открыть биурет, пробирку охлаждают. Сплав растворяют в воде, добавляют 1 мл 10%-го раствора едкого кали и 3-5 капель раствора медного купороса. Смесь взбалтывают, появляется красно-фиолетовое окрашивание вследствие образования комплексной медной соли биурета (биуретовая реакция).

Биуретовая реакция – одна из цветных реакций на белок и полипептиды.

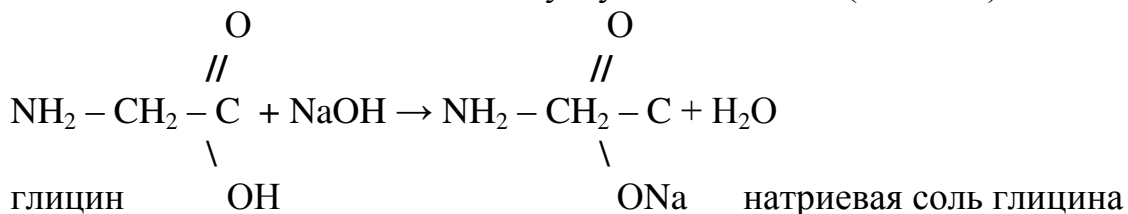
Мочевину используют в качестве азотного удобрения и добавок к кормам животных, как дополнительный источник небелкового азота.

При поликонденсации мочевины с формальдегидом получают мочевиноформальдегидную смолу, применяемую для изготовления аминопластов – ценных пластмасс.

Опыт 4. Амфотерность аминокислот

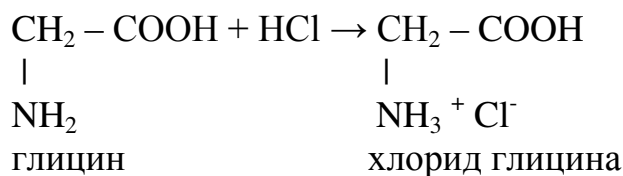
а) **Взаимодействие со щелочью.** В пробирку помещают 1 мл раствора аминокислоты, в другую – 1 мл дистиллированной воды. В обе пробирки вносят по одной капле раствора фенолфталеина. Отмечают цвет растворов в пробирках.

В обе пробирки добавляют по одной капле раствора щелочи. Малиновая окраска появляется лишь в той пробирке, где была вода. Во второй пробирке гидроксид натрия вступает в реакцию с аминокислотой, что доказывает наличие кислотных свойств аминокислоты (глицина):



б) *Взаимодействие с кислотой.* В пробирку помещают 1 мл раствора аминокислотной кислоты, в другую – 1 мл дистиллированной воды. В обе пробирки вносят по 1 капле раствора метилоранжа. Отмечают желтую окраску растворов в обеих пробирках.

В обе пробирки добавляют по 1 капле раствора соляной кислоты. Розовая окраска появляется лишь в той пробирке, где была вода. Во второй пробирке соляная кислота реагирует с аминокислотной кислотой с образованием соли, что подтверждает наличие основных свойств аминокислотной кислоты (глицина):



Аминокислоты, поступающие в организм животных в составе пищи в виде белка, главным образом используются для построения своих белковых молекул. Однако отдельные аминокислоты применяют в ветеринарии (медицине) и в качестве лечебного средства, например, глутаминовую кислоту – при неврозах, гистидин – при язве желудка. Добавление аминокислот в корм животных положительно влияет на их рост и продуктивность.

Опыт 5. Цветные реакции на белки

Биуретовая реакция. В пробирку помещают 0,5 мл исследуемого раствора белка, 2 капли раствора щелочи и 1 каплю раствора сульфата меди. Появляется красно-фиолетовое окрашивание, которое заметно даже в окрашенной водной вытяжке мяса. Биуретовая реакция связана с наличием в белках пептидных группировок – CO – NH –, которые обуславливают появление окраски при взаимодействии с солями меди.

Продукты разложения белков – полипептиды также дают биуретовую реакцию, причем окрашивание медных комплексов зависит от состава полипептида: дипептиды дают синее окрашивание, трипептиды – фиолетовое, а более сложные – красное.

Ксантопротеиновая реакция. Эта реакция указывает на наличие в белке молекул аминокислот, содержащих бензольные ядра, как например, тирозин. При взаимодействии аминокислот с азотной кислотой образуются нитросоединения, окрашенные в желтый цвет.

К 1 мл раствора белка добавляют 5-6 капель концентрированной азотной кислоты до появления белого осадка или мути от свернувшегося белка. Реакционную смесь нагревают до окрашивания осадка в желтый цвет. В процессе гидролиза идет растворение осадка. Охлаждают и добавляют к ней осторожно по каплям избыток концентрированного раствора аммиака. Окраска переходит в оранжевую.

Ксантопротеиновая реакция обусловлена наличием в белках ароматических аминокислот, таких как фенилаланин, тирозин, триптофан. Желтое окра-

шивание появляется как результат нитрования ароматических ядер. Появление оранжевой окраски определяется образованием более интенсивно окрашенных анионов.

Определение серы в белках. В пробирку вводят комочек шерстяной пряжи, 0,5 мл раствора гидроксида натрия и 1 каплю раствора уксусно-кислого свинца и нагревают содержимое пробирки до кипения. Появляется коричнево-серый осадок сульфида свинца. Эта реакция дает возможность определить белки, в состав которых входят аминокислоты, содержащие серу (цистеин, цистин, метионин).

Азотно-ртутная реакция белков. В пробирку помещают 0,5 мл раствора белка и 0,5 мл реактива Милтона (концентрированный раствор азотно-кислой ртути в азотной кислоте). Содержимое пробирки встряхивают и нагревают. Появляется характерное красное окрашивание. Эту реакцию дают белки, в состав которых входят тирозин и триптофан.

? Задания для самостоятельной подготовки студентов

Тема 13. Амины. Амиды кислот. Аминоспирты.

1. Вывести формулы изомерных аминов: C_3H_9N — четыре изомера. Указать первичные, вторичные и третичные амины.
2. Написать формулы: а) 2-амино-2-метилпентан;
б) 1,4-диаминобутан.
3. Написать реакции взаимодействия: метилэтиламина с HCl и H_2SO_4 (с 1 и 2 молекулами).
4. Написать уравнение взаимодействия метилпропиламина с йодистым метилом. Назвать полученные соединения.
5. Написать уравнение реакции раствора KOH при нагревании с хлористым диметиламином.
6. Сопоставить отношение к действию азотистой кислоты: а) бутиламина; б) амиламина; в) диметилизопропиламина; г) диэтиламина; д) диэтилпропиламина. Написать и объяснить реакции. Назвать образующиеся соединения.
7. Написать уравнения реакций, протекающих при действии хлорангидрида уксусной кислоты, а также уксусного ангидрида на: а) этиламин; б) диэтиламин. Назвать образующиеся соединения. К какому классу соединений они относятся? Будет ли идти такая реакция с триэтиламином?
8. Написать реакции получения аминов восстановлением: а) нитрила уксусной кислоты; б) нитрила изомасляной кислоты.
9. Что такое амиды кислот? Написать уравнение реакции образования амида пропионовой и янтарной кислот.
10. Написать схему реакции гидролиза мочевины.
11. Написать уравнения реакций: а) мочевины с азотной кислотой; б) мочевины со щавелевой кислотой с образованием кислой соли; в) мочевины со щавелевой кислотой с образованием средней соли.

12. Написать уравнение реакции образования биурета.
13. Промышленный способ получения мочевины.
14. Написать уравнение реакции получения неполного и полного уреида из малоновой кислоты и мочевины.
15. Получить амид пропионовой кислоты:
 - а) нагреванием аммонийных солей;
 - б) при взаимодействии аммиака с галоидангидридами.
16. Написать схему реакции коламина с азотистой кислотой. Назвать полученные соединения.
17. Написать схему взаимодействия коламина с фосфорной кислотой.
18. Написать структурную формулу солянокислой соли коламина.

Тема 14. Аминокислоты

1. Написать формулы аминокислот:
 - а) аминокусусной; б) α -аминопропионовой; в) β -аминовалериановой;
 - г) γ -аминокапроновой; д) δ -амино- α -метилвалериановой.
2. В чем заключается амфотерность аминокислот?
Написать формулы аминокислот в виде биполярных ионов: а) глицина; б) аланина. Для каждого соединения представить его превращение в катион – при избытке водородных ионов (в кислой среде) и в анион – при избытке гидроксильных ионов (в щелочной среде).
3. Написать схемы реакций, при которых образуется:
 - а) метиловый эфир β -аминопропионовой кислоты;
 - б) полный метиловый эфир глутаминовой кислоты.
4. Написать схему реакции действия азотистой кислоты на глицин. Назвать образующееся соединение.
5. Написать схему реакции декарбоксилирования лизина. Назвать конечный продукт.
6. Написать уравнение реакции аланина с гидроксидом меди. К какому классу соединений он относится?
7. Имея в качестве исходного вещества α -бромизовалериановую кислоту, написать схему реакции получения ее уреида.
8. Какое соединение образуется при отщеплении молекулы воды от γ -аминомасляной кислоты? Написать схему реакций.
9. Написать схемы реакции следующих превращений:
 глутаминовая кислота $\xrightarrow{+PCl_5}$? $\xrightarrow{+NH_3}$?
10. Написать схему реакции получения лактама γ -аминомасляной кислоты.
11. Написать схему реакции получения аминокислоты из α -хлормасляной кислоты.
12. Написать схему последовательных реакций, протекающих при оксинитрильном синтезе α -аминокислот, если в качестве исходных соединений взять:
 - а) пропионовый альдегид;
 - б) метилэтилкетон;
 - в) изомасляный альдегид.

РАЗДЕЛ 5. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ



Органические соединения многочисленны и разнообразны. Многие из них представлены циклическими системами. Если циклическое соединение помимо атомов углерода содержит хотя бы один атом другого элемента, его относят к гетероциклическим. Наиболее важное значение имеют гетероциклы, содержащие гетероатомы: N, O, S.

Гетероциклические соединения широко распространены в природе, многие из них играют ключевую роль в биологических процессах, протекающих в живых организмах. Многие физиологически важные вещества имеют в своем составе гетероцикл. Это нуклеиновые кислоты, ряд аминокислот, витаминов, алкалоидов.

Руководящим принципом классификации гетероциклических соединений является размер цикла. Гетероциклические соединения могут иметь в кольце 3, 4, 5, 6 атомов. Однако наибольшее значение имеют пяти- и шестичленные гетероциклы.

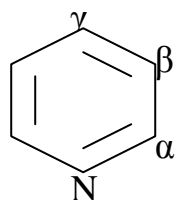
Нумерация атомов в гетероцикле начинается с гетероатома и ведется вокруг цикла таким образом, чтобы положения заместителей (или других гетероатомов) имели наименее возможные номера.

Строение пяти- и шестичленных гетероциклических соединений отвечает требованию ароматичности (правило Хюккеля).

Однако присутствие гетероатома в гетероциклических ароматических соединениях придает им специфические черты. В отличие от бензола, в гетероциклах нарушено равномерное распределение электронной плотности, во всех пятичленных гетероциклах с одним гетероатомом она смещена от гетероатома к кольцу и будет наибольшей в α -положениях.

Поэтому фуран, пиррол, тиофен гораздо лучше вступают в реакции электрофильного замещения у α -углеродных атомов, чем бензол.

У шестичленных гетероциклов распределение электронной плотности в молекуле иное: гетероатом, проявляя электрофильные свойства, смещает на себя электроны. Поэтому общая электронная плотность кольца пиридина понижена по сравнению с бензолом, и особенно в α - и γ -положениях:



Реакции электрофильного замещения в пиридине существенно затруднены и идут в β -положении, а нуклеофильные заместители вступают в α -положении цикла.

При изучении физических и химических свойств гетероциклических органических соединений следует усвоить следующее.

1. Знать номенклатуру гетероциклических соединений.
2. Уметь привести классификацию гетероциклов.

3. Показать зависимость свойств гетероциклов не только от имеющихся гетероатомов, но и от характера связей в цикле.

4. Уметь объяснить понятие «ароматичность гетероциклов».

? Задания для самостоятельной подготовки студентов

Тема 15. Гетероциклы

1. Что представляют собой гетероциклы? Написать структурные формулы гетероциклов: пурина и пиримидина.
2. Какие производные пиримидина входят в состав нуклеиновых кислот? Написать структурные формулы этих производных.
3. Какие производные пурина входят в состав нуклеиновых кислот? Написать структурные формулы этих производных.
4. Строение индола. В состав какой незаменимой аминокислоты входит ядро индола?
5. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Чем объясняются их ароматические свойства?
6. Строение пиррола. Какое биологическое значение имеют производные пиррола: пролин, оксипролин, гем и хлорофилл?
7. Описать свойства пятичленного гетероцикла с двумя гетероатомами азота.
8. Строение пурина и его производных: аденина и гуанина. Написать уравнение реакций образования нуклеотида из аденина, β -D-рибозы и фосфорной кислоты.
9. Строение пурина. Написать уравнение реакции образования нуклеотида из 2,4-диоксипиримидина (урацила), β -D-рибозы и фосфорной кислоты.
10. Написать структурную формулу 2,6,8-триоксипурина. Какое биологическое значение имеет это соединение?
11. Написать формулы, отражающие строение урацила, цитозина, тимина.
12. Написать формулы, отражающие строение пурина и мочевой кислоты.
13. Написать уравнение реакции получения пиррола, имидазола, пиридина.
14. Понятие о нуклеозидах и нуклеотидах.
15. Химические свойства пиридина.
16. Химические свойства пиррола.
17. Написать формулы, отражающие строение аденина и гуанина. Указать значение этих веществ.
18. Индол. Способы получения. Производные: серотонин, триптофан.
19. Химические свойства пиримидина.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ

По теме «Углеводороды»

1. Бутан и бензол взаимодействуют с:
а) кислородом; б) натрием;
в) раствором KMnO_4 ; г) бромной водой.
2. Какое соединение используется для получения метана в лаборатории:
а) CH_3COOH ; б) CH_3OH ;
в) CH_3Cl ; г) CH_3COONa .
3. При действии цинка на 1,4-дихлорбутан получится:
а) бутан; б) циклобутан;
в) бутен-2; г) бутadiен-1,2.
4. Какое вещество образуется при димеризации ацетилен:
а) бутadiен-1,3; б) этилацетилен;
в) бутилен; г) винулацетилен.
5. С помощью аммиачного раствора Ag_2O можно отличить:
а) бутин-1 от бутина-2; б) бутин-2 от бутена-2;
в) бутин-2 от бутена-1; г) бутин-2 от бутadiена-1.
6. В виде цис- и транс-изомеров может существовать
а) бутен-1; б) пентен-2;
в) диметилацетилен; г) 2-метилпентен-2.
7. Одностадийное превращение бензола в толуол может быть осуществлено по реакции:
а) Вюрца – Фиттига; б) Зинина;
в) Фриделя – Крафта; г) Кучерова.
8. Взаимодействие пропена и этана с бромом (Br_2) относится соответственно к реакциям:
а) замещения и присоединения; б) присоединения и замещения;
в) окисления и присоединения; г) присоединения и окисления.
9. Число изомерных гомологов бензола, отвечающих формуле C_8H_{10}
а) 2; б) 3; в) 4; г) 1.
10. Ароматическим углеводородом C_8H_{10} , при окислении которого KMnO_4 не выделяется CO_2 , а при бромировании в присутствии железа образуется единственное монобромпроизводное, является:
а) этилбензол; б) 1,4-диметилбензол;
в) 1,3- диметилбензол; г) циклооктатетраен.
11. Образование окрашенного соединения происходит под действием водного раствора FeCl_3 на:
а) фенол; б) бензол;
в) метоксибензол; г) бензиловый спирт.
12. Одним из продуктов реакции тримеризации пропина является:
а) 1,3,5- триметилбензол; б) полипропилен;
в) 1,2,3- триметилбензол; г) циклогексан.

13. Какое вещество образуется при действии металлического натрия на хлористый этил:

- а) бутан;
- б) этан;
- в) пропан;
- г) 2-хлорбутан.

14. Гомологом бензола является:

- а) циклогексан;
- б) ацетилен;
- в) винилбензол;
- г) фенилэтил.

15. Какое вещество образуется при реакции гидратации бутина:

- а) бутанон;
- б) бутаналь;
- в) бутанол;
- г) бутан.

По теме «Кислородсодержащие органические соединения»

1. Вещества с общей формулой $C_nH_{2n}O_2$ могут относиться к классам:

- а) предельных двухатомных спиртов и одноосновных карбоновых кислот;
- б) сложных эфиров и предельных альдегидов;
- в) предельных одноосновных карбоновых кислот и сложных эфиров;
- г) простых эфиров и предельных двухатомных спиртов.

2. Органическое вещество, образующееся при термическом разложении ацетата кальция:

- а) ацетон;
- б) бутанол-1;
- в) бутаналь;
- г) бутанол-2.

3. При взаимодействии толуола с избытком азотной кислоты образуется:

- а) 2,4,6-тринитротолуол;
- б) 2,3,4-тринитротолуол;
- в) 2,3,5-тринитротолуол;
- г) 3,4,5-тринитротолуол.

4. Одним из мономеров, входящих в состав нейлона-6,6, является:

- а) масляная кислота;
- б) терефталевая кислота;
- в) щавелевая кислота;
- г) адипиновая кислота.

5. Циклические ангидриды образуют кислоты:

- а) фталевая;
- б) фумаровая;
- в) янтарная;
- г) бутановая.

6. Вещество, реагирующее с металлическим натрием, окисляемое с образованием бутанона, называется:

- а) бутанол-1;
- б) бутанол-2;
- в) бутен-2;
- г) бутаналь.

7. Взаимодействие пропена и этана с Br_2 относится соответственно к реакциям:

- а) присоединения и замещения;
- б) замещения и присоединения;
- в) присоединения и окисления;
- г) замещения и окисления.

8. Правило Дюкло-Траубе наиболее наглядно характеризует изменение поверхности натяжения в растворе:

- а) карбоновых кислот;
- б) одноатомных спиртов;
- в) многоатомных спиртов;
- г) сложных эфиров.

9. Какое вещество можно использовать для того, чтобы отличить этанол от глицерина:

- а) вода; б) натрий;
в) гидроксид натрия; в) гидроксид меди (II).
10. С помощью каких реактивов можно определить наличие альдегидной группы:
а) йодной настойкой и раствором щёлочи; б) бромной водой;
в) аммиачным раствором оксида серебра; г) раствором хлорида железа (III).
11. Продуктом декарбоксилирования щавелевой кислоты является:
а) масляная кислота; б) пропионовая кислота;
в) уксусная кислота; г) муравьиная кислота.
12. Формалин представляет собой водный раствор:
а) муравьиной кислоты; б) метанола;
в) ацетальдегида; г) муравьиного альдегида.
13. Какие вещества можно получить при щелочном гидролизе трипальмитина:
а) пальмитиновая кислота; б) вода;
в) глицерин; г) пальмитат натрия.
14. Какая реакция лежит в основе получения сложных эфиров:
а) гидратация; б) этерификация;
в) дегидратация; г) дегидрогенизация.
15. Из каких веществ можно получить жидкое мыло:
а) тристеарат глицерина; б) глицерин;
в) NaOH; г) KOH.
16. Какой реагент необходим для превращения жидких жиров в твёрдые:
а) раствор гидроксида натрия; б) водород;
в) раствор гидроксида калия; г) кислород.
17. Как называется жир, в молекуле которого содержится три остатка кислоты $C_{17}H_{35}COOH$:
а) тристеарин; б) триолеин;
в) трипальмитин; г) трилинолеин.
18. К высыхающим маслам не относятся:
а) трилинолеин; б) трилиноленин;
в) тристеарин; г) триарахидон.
19. Оптическая изомерия характерна для:
а) 2-оксипропановой кислоты; б) толуола;
в) пропановой кислоты; г) гексана.
20. Наиболее сильные кислотные свойства характерны для:
а) фенола; б) м-хлорфенола;
в) п-нитрофенола; г) п-аминофенол.

По теме «Углеводы»

1. Число гидроксильных групп в ациклической форме молекулы глюкозы:
а) 4; б) 5;
в) 6; г) 7.
2. Число гидроксильных групп в молекуле α -D-глюкопиранозы равно:
а) 4; б) 5;

- в) 6; г) 7.
3. Какие продукты образуются в результате окисления глюкозы аммиачным раствором гидроксида серебра:
- а) глюконовая кислота и вода; б) глюкосахарат и вода;
в) глюконовая кислота и спирт; г) многоатомный спирт и вода.
4. Мономерным звеном целлюлозы является:
- а) α-D-глюкофураноза; б) α-D-фруктофураноза;
в) β-D-глюкопираноза; г) α-D-глюкопираноза.
5. Структурным звеном крахмала является:
- а) α-D-глюкопираноза; б) α-D-глюкофураноза;
в) β-D-фруктопираноза; г) β-D-фруктофураноза.
6. Какие из веществ проявляют двойственные функции:
- а) глюкоза и уксусная кислота; б) глюкоза и глицерин;
в) глюкоза и олеиновая кислота; г) метановая кислота и фруктоза.
7. Какие из перечисленных веществ дают реакцию «серебряного зеркала»?
- а) глюкоза; б) глицерин;
в) этиленгликоль; г) этаналь.
8. Высокомолекулярным соединением является:
- а) целлобиоза; б) амилоза;
в) мальтоза; г) сахароза.
9. Невосстанавливающим дисахаридом является:
- а) сахароза; б) мальтоза;
в) целлобиоза; г) лактоза.
10. Качественной реакцией на глюкозу, как альдегид, является её взаимодействие:
- а) с уксусной кислотой; б) с бромной водой;
в) с галогеналканами; г) с аммиачным раствором Ag_2O при нагревании.
11. Высокомолекулярным соединением является:
- а) сахароза; б) целлюлоза;
в) рибоза; г) лактоза.
12. Продуктом гидролиза сахарозы является:
- а) α-фруктоза и β-глюкоза; б) α-глюкоза и α-фруктоза;
в) β-фруктоза и α-глюкоза; г) β-глюкоза и β-фруктоза.
13. При нагревании какого углеводорода образуется пироксилин:
- а) сахароза; б) целлобиоза;
в) крахмал; г) целлюлоза.
14. Продуктом гидролиза мальтозы является:
- а) α-фруктоза; б) α-глюкоза;
в) β-фруктоза; г) β-глюкоза.
15. Между остатками моносахаридов в молекуле мальтозы существует связь:
- а) α-1,2-гликозид-гликозидная; б) α-1,4-гликозид-гликозная;
в) β-1,2-гликозид-гликозидная; г) β-1,4-гликозид-гликозная.

По теме «Азотсодержащие органические соединения»

1. Какие из веществ будут изменять красную окраску раствора лакмуса на синюю:
а) уксусная кислота; б) глюкоза;
в) диметиламин; г) этиловый спирт.
2. Реакции замещения атомов водорода в бензольном ядре анилина происходят:
а) только в мета-положении; б) только в пара-положении;
в) в орто- и пара-положениях; г) в мета- и пара-положениях.
3. Реакция получения анилина из нитробензола была открыта:
а) А.М. Бутлеровым; б) М.Г. Кучеровым;
в) М.И. Коноваловым; г) Н.Н. Зининым.
4. Функциональные группы $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$ содержит аминокислота:
а) аланин; б) тирозин;
в) цистеин; г) серин.
5. α -аминоизовалериановая кислота имеет тривиальное название:
а) валин; б) лизин;
в) цистеин; г) серин.
6. Наиболее выраженными основными свойствами обладает:
а) метиламин; б) диметиламин;
в) аммиак; г) фениламин.
7. Аминогруппа входит в состав:
а) нитроглицерина; б) анилина;
в) пиридина; г) формальдегида.
8. При взаимодействии хлорида этиламмония с NaOH образуется:
а) диэтиламин; б) этилметиламин;
в) этиламин; г) этилдиамин.
9. При восстановлении нитросоединений образуются амины:
а) первичные; б) третичные;
в) четвертичные; г) вторичные.
10. Гидросульфат метиламмония имеет формулу:
а) $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2]_2\text{SO}_4$; б) $(\text{CH}_3\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$;
в) $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2\text{HSO}_4$; г) $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{HSO}_4$.
11. Первичная структура белка - это:
а) пространственная конфигурация, которую принимает полипептидная цепь (спираль);
б) последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи;
в) конфигурация, которую принимает в пространстве спираль (комок);
г) ассоциаты, образованные из нескольких полипептидных цепей.
12. Процесс образования полипептидов аминокислот носит название:
а) полимеризация; б) сополимеризация;
в) поликонденсация; г) декарбоксилирование.
13. Устойчивость спиральной цепи вторичной структуры белков обусловлена наличием большого числа:
а) ковалентных полярных связей; б) мостиковых дисульфидных связей;

- в) водородных связей; г) дисперсионных связей.
14. Мочевинной называется вещество:
- а) амид уксусной кислоты; б) амид угольной кислоты;
- в) диамид угольной кислоты; г) уреид щавелевой кислоты.
15. Вещество А получают по схеме:
- $$\text{CH}_4(\text{температура}) \rightarrow \text{X}_1(+\text{НОН}) \rightarrow \text{X}_2(+\text{Ag}_2\text{O}) \rightarrow \text{X}_3 \rightarrow (+\text{Cl}_2) \rightarrow \text{X}_4(\text{NH}_3) \rightarrow \text{X}_5 \rightarrow (\text{t}) \rightarrow \text{«А»}$$
- Каким веществом является «А»:
- а) уксусная кислота; б) хлоруксусная кислота;
- в) амид аминоксусной кислоты; г) аминоксусная кислота.

По теме «Гетероциклические соединения»

- Пятичленным гетероциклом с одним гетероатомом является:

а) пиридин; б) пиррол;

в) имидазол; г) пиримидин.
- Пятичленным гетероциклом с двумя гетероатомами является:

а) пиридин; б) пиррол;

в) имидазол; г) пиримидин.
- Конденсированным гетероциклом является:

а) пиридин; б) пиррол;

в) пурин; г) пиримидин.
- Нуклеотид, не входящий в состав рибонуклеиновых кислот, это:

а) урацил; б) тимин;

в) цитозин; г) аденин.
- Среди продуктов полного гидролиза ДНК нельзя обнаружить:

а) урацил; б) цитозин;

в) фосфорную кислоту; г) рибозу.
- Среди продуктов полного гидролиза РНК нельзя обнаружить:

а) урацил; б) цитозин;

в) фосфорную кислоту; г) дезоксирибозу.
- Остатки азотистого основания и пентозы в нуклеотидах связаны:

а) водородными связями;

б) сложноэфирными связями;

в) β-гликозидными связями;

г) α-гликозидными связями.
- Первичная структура нуклеиновых кислот образуется в результате связывания мононуклеотидов за счёт:

а) фосфодиэфирных связей; б) водородных связей;

в) пептидных связей; г) β-гликозидных связей.
- Комплементарной парой азотистых оснований в молекулах ДНК является:

а) аденин – гуанин; б) аденин – цитозин;

в) гуанин – цитозин; г) гуанин – тимин.
- Пиперидин получают гидрированием:

а) пиридина; б) пирана;

- в) пиридона; г) пиррола.
11. Продуктом нитрования пиридина является
 а) 3- нитропиридин; б) 2- нитропиридин;
 в) 4-нитропиридин; г) 2,4-динитропиридин.
12. Для пиррола в отличие от пиридина более характерна реакция с:
 а) C_2H_5OH ; б) H_2O ;
 в) H_2SO_4 ; г) Na .
13. Процесс синтеза сложных молекул из более простых, сопровождающийся потреблением энергии, называется:
 а) катаболизм; б) метаболизм;
 в) анаболизм; г) гомеостаз.
14. Состояние белка, при котором число основных функциональных групп равно числу кислотных, называется:
 а) изостатическим; б) изоэлектронным;
 в) аморфным; г) изоэлектрическим.
15. Реакции замещения в молекулах пиридина и пиррола протекают преимущественно в положениях:
 а) α и β ; б) α и α ;
 в) β и β ; г) β и α .

По теме «Полимеры»

1. Продукт вулканизации каучука, содержащий менее 5% серы, называется:
 а) резина; б) резол;
 в) эбонит; г) новолак.
2. Реакция синтеза полимеров, протекающая с образованием низкомолекулярных соединений, называется:
 а) полиприсоединение б) поликонденсация
 в) сополимеризация г) полимеризация
3. Мономером для получения органического стекла является:
 а) винилацетат; б) метилметакрилат;
 в) 1,1,2,2-тетрафторэтилен; г) изопрен.
4. Полимер, образующийся при полимеризации мономера C_3H_6 , называется:
 а) полиэфир; б) полистирол;
 в) полипропилен; г) полиэтилен.
5. Полимеры, в молекуле которых звенья цепи располагаются в пространстве в определённом порядке, называются:
 а) стереорегулярными; б) сетчатыми;
 в) разветвлёнными; г) линейными.
6. Число мономерных звеньев, образующих макромолекулы полимера, называется степенью:
 а) полимеризации; б) упорядоченности;
 в) стереорегулярности; г) кристалличности.
7. Одна из главных структурных единиц РНК имеет формулу:
 а) $C_{12}H_{22}O_4$; б) $C_5H_{10}O_5$;

- в) $C_5H_{10}O_4$; г) $C_6H_{12}O_6$.
8. Структурное звено $-CH_2-CH=CH-CH_2-$ существует в макромолекуле:
 а) изопренового каучука; б) бутадиенового каучука;
 в) хлорпренового каучука.
9. Уравнение получения полиакрилонитрила имеет вид:
 а) $nCH_2=CH-C\equiv N \rightarrow [-CH_2-CH(CN)-]_n$
 б) $nCH_2=CH-C\equiv N \rightarrow [-CH=CH(C\equiv N)-]_n$
 в) $nCH_2=CH-COOH \rightarrow [-CH_2-CH(COOH)-]_n$
 г) $nCH_2=CH-OH \rightarrow [-CH_2-CH(OH)-]_n$
10. В промышленности методом поликонденсации получают:
 а) поливинилхлорид; б) нейлон;
 в) каучук; г) тефлон.
11. Полимеры, которые обладают во всём диапазоне их эксплуатации высокоэластичными свойствами, называются:
 а) пластики; б) резолы;
 в) эластомеры; г) фибриллы.
12. Мономерным звеном природного каучука является:
 а) акрилонитрил; б) дивинил;
 в) изопрен; г) хлоропрен.
13. Ацелированием природного полимера целлюлозы получают:
 а) ацетатный шелк; б) нейлон;
 в) резину; г) капрон.
14. Высокоэластичное состояние полимеров обусловлено:
 а) гибкостью молекул и способностью к релаксации;
 б) кристалличностью и наличием кратных связей;
 в) сетчатой структурой;
 г) аморфностью и низкой текучестью макромолекул.
15. Антипригарное покрытие тефлон является полимером, формула которого:
 а) $(-CH_2-CH_2-)$; б) $(-CH_2-CH(C_6H_5)-)_n$;
 в) $(-CF_2-CF_2-)_n$; г) $(-CH_2-CH(CN)-)_n$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Органическая химия – это химия соединений углеводородов и их производных, которые называются органическими веществами. Это одна из важнейших естественных наук, теоретические исследования и практические результаты которой проникли во все сферы деятельности человека. Достижения органической химии используются промышленностью при переработке нефти и газа, в производстве лекарств, витаминов, жидких кристаллов, ферментов, искусственных волокон, пластмасс и др. Между органическими и неорганическими веществами нельзя провести резкой грани. В природе все явления взаимосвязаны, поэтому грубое отделение одной отрасли науки от другой невозможно.

Органическая химия представлена в нашей жизни веществами, являющимися и продуктами питания, и источниками энергии, и материальными носителями жизни на Земле. Каждая живая клетка содержит десятки органических соединений: липиды, белки, углеводы, нуклеиновые кислоты, гормоны, витамины, ферменты, которые находятся постоянно во взаимных превращениях, обуславливая жизнедеятельность живых организмов.

Авторы данного практикума надеются, что он поможет студентам в освоении дисциплины «Органическая химия» при выполнении лабораторных и самостоятельных работ.

Библиографический список

Основной

1. Органическая химия. Основной курс: Учебник / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич; Под ред. А.Э. Щербины. – М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. – 808 с.

Дополнительный

1. Иванов, В.Г. Органическая химия [Текст]: учебное пособие для студентов вузов по спец. "Биология" / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. - 6-е изд. стер. - Москва: Академия, 2010. –624 с.

2. Артеменко А.И. Органическая химия: учеб. для строит. спец. вузов / А.И. Артеменко. – 5-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 559 с.

3. Грандберг И.И. Органическая химия: учеб. пособие для студ. с.-х. вузов / И.И. Грандберг. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1987. – 480 с.

4. Органическая химия: практикум по выполнению лабораторных работ и заданий для самостоятельной подготовки студентов / Новосиб. гос. аграр. ун-т: Агроном. фак., сост.: Н.А. Кусакина, Т.И. Бокова, Г.П. Юсупова, М.С. Чемерис. 2-е издание, исправленное. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2015. – 84 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Предисловие..... | 3 |
| Введение..... | 4 |
| РАЗДЕЛ 1.УГЛЕВОДОРОДЫ..... | 7 |
| Лабораторная работа №1 | 8 |
| Задания для самостоятельной подготовки студентов | 12 |
| Тема 1. Алканы. Алкены..... | 12 |
| Тема 2. Алкины. Диены | 14 |
| Тема 3. Арены | 15 |
| Тема 4. Галогенопроизводные ациклических углеводородов | 16 |
| РАЗДЕЛ 2. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ..... | 17 |
| Лабораторная работа №2 | 18 |
| Задания для самостоятельной подготовки студентов | 24 |
| Тема 5. Спирты | 24 |
| Тема 6. Фенолы. Ароматические спирты..... | 25 |
| Тема 7. Альдегиды. Кетоны | 26 |
| Тема 8. Карбоновые кислоты | 27 |
| Тема 9. Жиры. Сложные эфиры кислот | 28 |
| Тема 10 Окси- и оксокислоты | 29 |
| РАЗДЕЛ 3. УГЛЕВОДЫ..... | 30 |
| Лабораторная работа №3 | 31 |
| Задания для самостоятельной подготовки студентов | 34 |
| Тема 11. Моносахариды..... | 34 |
| Тема 12. Ди- и полисахариды..... | 35 |
| РАЗДЕЛ 4. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ | 37 |
| Лабораторная работа №4 | 38 |
| Задания для самостоятельной подготовки студентов | 41 |
| Тема 13. Амины. Амиды кислот. Аминоспирты..... | 41 |
| Тема 14. Аминокислоты | 42 |
| РАЗДЕЛ 5. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ..... | 43 |
| Задания для самостоятельной подготовки студентов | 43 |
| Тема 15. Гетероциклы | 44 |
| Тестовые задания для проверки остаточных знаний..... | 45 |
| Заключение..... | 53 |
| Библиографический список..... | 54 |