

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра органической, физической и коллоидной химии

**ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ  
И ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

студентам-заочникам по специальности 310800 «Ветеринария»

Краснодар 2009

УДК 574 (076.5)

Составители: ст. преподаватель Макарова Н.А.  
д.х.н., профессор Доценко С.П.

Рецензент: к.х.н., доцент Дядюченко Л.В.

Одобрена на заседании кафедры органической  
и физколлоидной химии КГАУ  
( протокол № 6 от 16.04.2009 г.)

Утверждена методической комиссией факультета  
агрохимии, агропочвоведения и защиты растений  
( протокол № 6 от 18.05.2009 г.)

## Оглавление

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	4
ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСА .....	4
1.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ .....	5
1.3. Библиографический список.....	6
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ .....	7
Тема 1. Теоретические основы органической химии. ....	7
Тема 2. Углеводороды.....	8
Тема 2.1. Предельные углеводороды (алканы).....	9
Тема 2.2. Этиленовые углеводороды (алкены).....	11
Тема 2.3. Ацетиленовые углеводороды (алкины).....	12
Тема 2.4. Диеновые углеводороды.....	13
Тема 2.5. Алициклические углеводороды.....	14
Тема 2.6. Ароматические углеводороды (арены). ....	15
Тема 3. Галогенпроизводные углеводородов. ....	17
Тема 4. Гидроксильные соединения.....	18
Тема 5. Карбонильные соединения. ....	20
Тема 10. Карбоновые кислоты.....	21
Производные карбоновых кислот .....	22
Тема 11. Оксикислоты .....	23
Тема 12. Оксокислоты (альдегидо- и кетокислоты) .....	25
Тема 13. Углеводы .....	26
Оптическая изомерия.....	26
Тема 14. Амины.....	28
Тема 15. Аминокислоты и белки.....	30
Тема 16. Гетероциклические соединения .....	31
Тема 17. Нуклеиновые кислоты .....	32
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	33
И УКАЗАНИЯ ПОЕЁ ВЫПОЛНЕНИЮ.....	33
3.1.УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	33

# РАЗДЕЛ 1

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСА

Курс органической химии является базовым теоретическим курсом, который служит основой, готовит студента для последующего изучения биологической химии, профильных дисциплин: фармацевтической химии, токсикологической химии, фармакологии.

В этом курсе студенты изучают важнейшие разделы органической химии, необходимые для использования и изучения синтетических и природных лекарственных веществ: классификацию органических соединений, источники и способы их получения, строение молекул, наиболее общие физические и химические свойства, методы анализа отдельных классов химических соединений.

Изучение органической химии должно обеспечить формирование у будущего специалиста научного методологического подхода к изучению явлений и процессов органического мира; знакомство с достижениями химической науки; понимание основных фундаментальных теоретических положений и закономерностей, лежащих в основе поведения химических соединений, их практическую значимость; развитие интереса к своей специальности; приобретение навыков работы в химической лаборатории.

Для успешного усвоения материала по органической химии сначала следует освоить ряд основополагающих понятий: электронного строения атома углерода и способов образования его химических связей, взаимного влияния атомов в органических молекулах (электронные и пространственные эффекты, роль электроотрицательности элементов), сопряжения и ароматичности, кислотности и основности, электрофильности и нуклеофильности органических соединений, механизмы основных типов органических реакций.

## 1.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Настоящие методические указания составлены в соответствии с программой курса **«Органическая химия»** на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности **310800 — «Ветеринария»**.

По учебным планам дисциплину «Органическая химия» изучают студенты 2 курса специальности 310800 «Ветеринария» в объеме 170 часов. Порядок изучения дисциплины «Органическая химия» следующий:

На установочной лекции по «Органической химии» рассматриваются особенности содержания дисциплины и даются рекомендации по методике изучения данной дисциплины и выполнению контрольной работы.

В межсессионный период студент-заочник должен самостоятельно проработать материал учебника в соответствии с программой.

При изучении материала учебника необходимо законспектировать основные положения, записать и запомнить формулы основных веществ, разобрать основные химические реакции, характерные для различных функциональных групп.

Если при самостоятельном изучении дисциплины возникают затруднения, то можно получить устную или письменную консультацию у преподавателя.

После полного усвоения учебного материала дисциплины можно приступить к написанию контрольной работы. В соответствии с учебным планом выполняется одна контрольная работа.

Следует иметь в виду, что лекции, читаемые во время сессии, так же как и лабораторные занятия, рассчитаны на то, что материал курса уже усвоен студентами, приехавшими на сессию.

Студенты, получившие зачет по контрольной работе, посетившие все лекции и лабораторные занятия, допускаются к экзамену.

### 1.3. Библиографический список

#### Основной

1. Заплишный В.Н. Органическая химия. Краснодар, 2004.
2. Грандберг И. И. Органическая химия. –М.: Дрофа, 2004.

#### Дополнительный

1. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии.— Москва, 1974.
2. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии. – Москва, 1978.
3. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия — Санкт-Петербург, 2003.

В последующих методических советах по изучению отдельных разделов дисциплины рекомендуемая литература указана под соответствующим номером, а затем следуют страницы, на которых изложен необходимый для усвоения материал. Настоящие указания составлены на основе методических указаний издания 1994г. Цель издания настоящих указаний - более эффективное усвоение основных разделов курса «Органическая химия», а также оказание помощи студентам заочного отделения в самостоятельном изучении этого предмета и прочного закрепления полученных знаний в сессионный период. В методических указаниях к каждой теме даются пояснения к ее изучению, вопросы для самоконтроля, ссылки на новую учебную литературу. В новых указаниях известный материал переработан и дополнен, при этом устранены ошибки, неточности формулировок и определений.

## РАЗДЕЛ 2

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

#### Тема 1. Теоретические основы органической химии.

Органическая химия—химия соединений углерода. Поэтому необходимо вспомнить из курса неорганической химии строение атома углерода и его валентные состояния с различными типами гибридизации ( $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ ), особенности  $\pi$ - и  $\sigma$ -связей, которые встречаются в органических соединениях. Уяснить основные понятия органической химии: гомологический ряд, гомолог, углеводородный радикал, функциональная группа, изомерия.

Основательно разобраться в номенклатуре органических соединений (тривиальной, рациональной, ИЮПАК) и уметь давать названия различным веществам по ИЮПАК номенклатуре.

В молекулах органических соединений встречаются различные типы связей (ковалентная, электровалентная, семиполярная), необходимо вспомнить способ образования указанных связей.

В целях более глубокого изучения курса органической химии следует обратить серьезное внимание на основные положения теории строения органических соединений А. М. Бутлерова:

1. В молекулах соединений существует определенный порядок связи атомов, который и носит название строения.

2. Химические свойства соединения определяются составом и строением его молекул.

3. Различное строение при одном и том же составе и молекулярной массе вещества обуславливает явление изомерии.

4. Химический характер атомов, входящих в молекулу, меняется в зависимости от того, с какими атомами они связаны в данной молекуле. Это изменение химического характера обуславливается главным образом взаимным влиянием непосредственно связанных атомов. В настоящее время различают

две основные формы такого влияния: индуктивный эффект и эффект сопряжения.

В органической химии различают следующие типы реакций: замещение, присоединение и отщепление.

Следует учесть, что по механизму разрыва ковалентной связи в реагирующей молекуле различают гомолитический (радикальный) и гетеролитический (ионный) способы. Замещение по ионному механизму может протекать как нуклеофильное или как электрофильное. Каждый из двух основных механизмов замещения (радикальный и ионный) характеризуются своими особенностями.

Литература: 1 — с. 5-22; 2 — с.6-98.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Приведите электронные конфигурации атома углерода в основном и возбужденном состояниях.
2. Какие виды гибридизации возможны для атома углерода? Охарактеризуйте в каждом случае форму и пространственную направленность атомных орбиталей.
3. Дайте определение  $\sigma$ - и  $\pi$ - связям.
4. Какие частицы называются свободными радикалами? Чем они отличаются от ионов? Приведите примеры органических радикалов.
5. Дайте характеристику основным типам связи в молекулах органических соединений.
6. В чем особенности индуктивного эффекта и эффекта сопряжения?
7. В чем различие между гетеролитическим и гомолитическим способами разрыва ковалентных связей?

## **Тема 2. Углеводороды.**

Изучение органической химии необходимо начинать с класса углеводородов. Это объясняется не только тем, что они имеют простой состав, но главным образом тем, что углеводороды являются как бы родоначальниками всех других классов органических соединений. Кроме того, на углеводородах показаны понятия о гомологических рядах, об изомерии и номенклатуре.

**Углеводороды — класс простейших органических соединений, состоящих из углерода и водорода.** Путем замещения атомов водорода различными группами или радикалами из углеводородов можно получить самые разнообразные соединения. В зависимости от характера строения углеродного скелета и связи между атомами углерода, углеводороды делятся на предельные, непредельные и ароматические.

В свою очередь, соединения перечисленных углеводородов группируются в гомологические ряды, в которых каждый последующий гомолог отличается от предыдущего на группу —  $\text{CH}_2$ -, называемую гомологической разностью. Каждый гомологический ряд объединяет большое количество соединений. Нужно изучить несколько представителей гомологического ряда данного класса соединений, чтобы иметь представление о химических свойствах всего ряда. Каждый гомологический ряд имеет свою общую формулу.

Обратите внимание на закономерность в изменении физических свойств углеводородов в пределах гомологического ряда и убедитесь в том, что эти изменения являются общими для всех гомологических рядов не только углеводородов, но и соединений других классов.

## **Тема 2.1. Предельные углеводороды (алканы).**

Характерной особенностью предельных углеводородов является то, что атомы углерода в молекуле соединены одной валентной связью, а все остальные валентности насыщены атомами водорода. Общая формула предельных углеводородов  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Представители предельных углеводородов—метан  $\text{CH}_4$ , этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , пентан  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  и т. д. — составляют гомологический ряд.

При изучении предельных углеводородов необходимо научиться составлять структурные формулы для того, чтобы разобраться в расположении валентных связей элементов. При составлении структурных формул необходимо иметь в виду, что углерод в органических соединениях всегда четырехвалентный.

При выведении структурной формулы углеводородов следует обратить внимание на то обстоятельство, что молекулы углеводородов могут быть не только с прямой цепью углеродных атомов, но и с разветвленной. *Органические соединения, имеющие одинаковый химический состав, но различную структурную формулу, называются изомерами.* Углеродные атомы, составляющие цепь в молекулах углеводородов и их производных, могут быть **первичными**, когда они соединены с одним атомом углерода, **вторичными**—с двумя атомами углерода, **третичными** — с тремя атомами углерода и **четвертичными**—с четырьмя. Если от предельного углеводорода отнять атом водорода, то остаток называется **алкильным радикалом**. Радикалы называются по тем углеводородам, из которых они образованы, но при этом окончание названий углеводородов «ан», меняется на «ил». Для предельных углеводородов характерными реакциями являются реакции радикального замещения (галогенирование, нитрование, сульфирование).

Литература: 1 — с. 23-32; 2 — с.145-163.

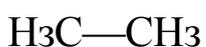
#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризуйте первое валентное состояние атома углерода ( $sp^3$ -гибридизация). Какова геометрическая модель молекулы метана?
2. Напишите структурные формулы всех изомерных пентанов и назовите их по рациональной и ИЮПАК номенклатуре.
3. Напишите реакции получения 2,5- диметилгексана: а) по реакции Вюрца; б) из соответствующего алкена; в) при нагревании соли карбоновой кислоты.
4. Напишите реакцию монохлорирования 3-метилпентана и механизм данной реакции. Напишите формулы всех свободных радикалов, которые могут образовываться в процессе этой реакции. Какой из них будет наиболее устойчивым? Дайте объяснение.
5. Напишите следующие реакции: а) нитрование 2-метилбутана; б) сульфохлорирования гептана.

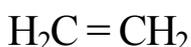
## Тема 2.2. Этиленовые углеводороды (алкены).

Углеводороды, содержащие в своем составе кроме  $\sigma$ -связей одну  $\pi$ -связь (т. е. двойную связь), называются алкенами, или этиленовыми углеводородами.

Общая формула этиленовых углеводородов  $C_nH_{2n}$ . Обратите внимание, что название каждого члена гомологического ряда этиленовых углеводородов соответствует названию предельного углеводорода с тем же числом атомов углерода, но только окончание «-ан» замещается на «-ен».



этан



этен



пропан



пропен

У этиленовых углеводородов встречается три формы изомерии: а) изомерия положения двойной связи, б) изомерия углеродного скелета, в) геометрическая (цис- и транс-изомерия).

При построении названия этиленовых углеводородов с разветвленной цепью углеродных атомов в качестве главной цепи выбирают цепь, включающую двойную связь, даже если эта цепь и не является самой длинной. Нумерацию проводят так, чтобы атом углерода, от которого начинается двойная связь, получил наименьший номер, этим номером и указывают положение двойной связи.

Пространственная (геометрическая) изомерия зависит от расположения заместителей по отношению к плоскости двойной связи и наблюдается в тех случаях, когда у атомов углерода, связанных двойной связью, остальные валентности затрачены на разные заместители.

Уясните, что существует две разновидности пространственной изомерии: цис- и транс-. Расположение пары одинаковых заместителей по одну сторону плоскости двойной связи дает цис-изомер, а по разные стороны — транс-изомер.

Прежде чем приступить к изучению химических свойств этиленовых углеводородов, необходимо разобраться в свойствах двойной связи, которая состоит из  $\sigma$ -связи и  $\pi$ -связи.  $\pi$ -связь менее прочная и легче деформируется, чем и объясняется реакционная способность этиленовых углеводородов. Для

алкенов характерны реакции присоединения, окисления, полимеризации.

Литература: 1 — с. 32-44; 2 — с.164-180.

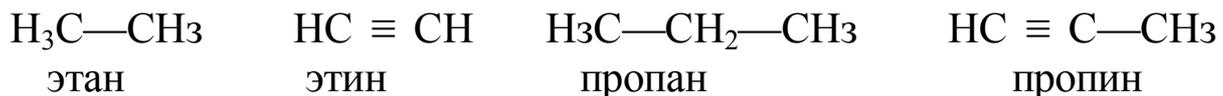
*Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризуйте второе валентное состояние атома углерода ( $sp^2$ -гибридизация). Сравните строение пропана и пропена.
2. Напишите структурные формулы алкенов состава  $C_6H_{12}$ , для каких из них возможна геометрическая изомерия? Напишите формулы геометрических изомеров.
3. Какие галогеналкилы или одноатомные спирты следует взять для получения несимметричного диметилэтилена и 3-метилгексена-1?
4. Напишите реакции присоединения бромной воды и соляной кислоты (в присутствии перекиси и в её отсутствии) к изобутелену.
5. Какие реакции можно использовать для качественного обнаружения двойной связи?

### **Тема 2.3. Ацетиленовые углеводороды (алкины).**

Ацетиленовые углеводороды содержат в молекуле одну тройную связь между атомами углерода. Их общая формула  $C_nH_{2n-2}$ . Для ацетиленовых углеводородов характерна структурная изомерия и изомерия положения тройной связи.

По международной номенклатуре ацетиленовые углеводороды называются алкинами. Каждый член гомологического ряда ацетиленовых углеводородов называется в соответствии с числом углеродных атомов и добавляется окончание «-ин».



Принцип построения названий алкинов тот же, что и у алкенов. При составлении названия выбор главной цепи и начало нумерации определяет тройная связь.

При изучении химических свойств алкинов обратите внимание, что типы реакций для них характерны те же, что и у алкенов: присоединение, окисление и полимеризация.

У алкинов следует обратить внимание на своеобразие реакции присоединения воды (гидратация), которая впервые была проведена М. Г. Кучеровым, поэтому и называется реакцией Кучерова. Разберитесь в механизме этой реакции. Большое значение имеют реакции присоединения к ацетилену синильной кислоты, спиртов, карбоновых кислот, альдегидов, кетонов, т. к. продукты этих реакций используются в народном хозяйстве.

В отличие от алкенов, для алкинов характерна реакция замещения атома водорода, находящегося у атома углерода при тройной связи.

Литература: 1 — с. 45-55; 2 — с.181-190.

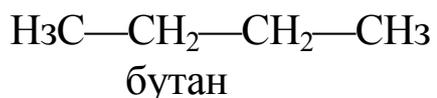
#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Сравните строение молекул пропена и пропина.
2. Напишите структурные формулы всех ацетиленовых углеводородов, образующихся при дегидрировании 3-метилгексана. Назовите их по рациональной и ИЮПАК номенклатурам.
3. Приведите схему получения пропилацетилена из пропилэтилена.
4. Напишите схему реакции метилацетилена с этанолом и бромистоводородной кислотой. Дайте определение: нуклеофильный реагент, реакция нуклеофильного присоединения.
5. Объясните причину подвижности атома водорода при углероде тройной связи. С помощью каких реакций можно обнаружить подвижный атом водорода?

### **Тема 2.4. Диеновые углеводороды.**

Диеновыми углеводородами называются углеводороды с двумя двойными связями. Их общая формула  $C_nH_{2n-2}$ . Название диеновых углеводородов по ИЮПАК номенклатуре образуется от названия соответствующего предельного углеводорода с добавлением

окончания «-адиен». Цифрами указывается положение двойных связей.



При изучении диеновых углеводородов обратите внимание на изомерию ненасыщенных связей. В зависимости от местоположения двойных связей диеновые углеводороды подразделяются на углеводороды с кумулированными связями (две двойные связи расположены у одного атома углерода), сопряженными (две двойные связи разделены одной одинарной), изолированными (двойные связи разделены двумя и более одинарными связями). Кроме изомерии положения ненасыщенных связей, у диеновых углеводородов имеет место и изомерия углеродной цепи.

При изучении химических свойств диеновых углеводородов обратите внимание на свойства сопряженных диенов, т. к. эти соединения широко используются в народном хозяйстве для получения каучука.

Литература: **1** — с. 56-70; **2** — с.191-207.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Приведите характеристику связей в молекуле бутадиена-1,3. Какова пространственная модель молекулы бутадиена-1,3? Сформулируйте понятие сопряжения.
2. Напишите реакцию бутадиена-1,3 с бромом (в мольном соотношении реагентов 1:1).
3. Напишите структурные формулы всех диеновых углеводородов с общей формулой  $\text{C}_5\text{H}_8$ , назовите их.
4. Натуральный каучук, его строение.
5. Дивинил, изопрен, их промышленное получение. Строение синтетических каучуков, полученных на основе этих мономеров.

### **Тема 2.5. Алициклические углеводороды.**

Простейшими соединениями этого ряда являются циклопарафины, их называют также полиметиленовыми

углеводородами, или нафтенами. Названия циклических соединений строятся подобно алканам с добавлением приставки «цикло-».

Необходимо разобраться в основных видах изомерии у циклопарафинов и в химических свойствах представителей этого ряда. Обратите внимание на особенности химических реакций, протекающих у первых двух представителей циклопарафинов. **Терпеноиды** — широко распространенные природные соединения, преимущественно непредельные, циклические, а также с открытой цепью, включающие терпены. Генетически с терпеноидами тесно связаны стероиды, которые играют большую роль в жизнедеятельности животных.

Литература: 1 — с. 71-95; 2 — с.236-260.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие реакции, замещения или присоединения, наиболее характерны для малых циклов? Ответ поясните на примере циклопропана.
2. Какой тип химической связи называется «банановой» связью и почему?
3. Укажите число изомерных циклопарафинов состава  $C_5H_{10}$  (геометрическую изомерию не рассматривайте).
4. Какой циклоалкан получится в реакции Вюрца между хлорметаном и 1-метил-2-хлорциклопентаном?
5. Укажите название соединения, которое нужно ввести в реакцию с активным металлом, чтобы получить 1,2-диметилциклопропан.

### **Тема 2.6. Ароматические углеводороды (арены).**

Из углеводородов с замкнутой цепью углеродных атомов следует обратить внимание на ароматические углеводороды, представителем которых является бензол  $C_6H_6$ . По составу и строению бензол является непредельным углеводородом и логически должен проявлять все свойства непредельных соединений, например, легко вступать в реакцию присоединения и легко окисляться.

Однако в действительности бензол не проявляет в обычных условиях этих свойств. Кроме того, он вступает в ряд специфических реакций: например, в отличие от углеводородов жирного ряда, он легче реагирует с азотной кислотой (нитруется) и серной кислотой (сульфируется).

При реакциях замещения у гомологов бензола необходимо обращать внимание на то, что каждый заместитель в бензольном ядре обладает определенными направляющими или ориентирующими действиями. **Все заместители по характеру своего направляющего действия делятся на две группы:**

— **заместители первого рода** в реакциях электрофильного замещения направляют последующие вводимые группы в *орто*- и *пара*-положения, так как они повышают электронную плотность бензольного кольца, особенно она повышается у атомов углерода в *орто*- и *пара*-положениях к заместителю.

К заместителям этой группы относятся  $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{CH}_3$  (и другие алкилы),  $-\text{Cl}$ ,  $-\text{Br}$ ,  $-\text{I}$ ;

— **заместители второго рода** обычно вообще затрудняют реакции замещения. Особенно затруднено замещение в *орто*- и *пара*-положениях и относительно легче происходит замещение в *мета*-положение. Заместители второго рода являются электроноакцепторами, т. е. электронные облака бензольного кольца смещаются в сторону этих групп, что приводит к меньшей активности атомов водорода. К заместителям этого рода относятся:  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{NO}$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{C}=\text{O}$ ,  $-\text{COOH}$ .

При изучении ароматических углеводородов следует усвоить виды изомерии двух- и трехзамещенных бензола.

Обратите внимание на то, что **многоядерными ароматическими соединениями** называют вещества, содержащие в молекуле два или несколько бензольных ядер, связанных между собой углерод — углеродной связью. Различают соединения с *изолированными* и *конденсированными* бензольными ядрами. Простейшим представителем соединений с изолированными бензольными циклами является бифенил, а соединения с конденсированными — нафталин, антрацен, фенантрен. Особый интерес представляют производные фенантрена, имеющие физиологическое значение, — это стероиды, половые гормоны, витамин D и т. д.

Литература: 1 — с. 96-121; 2 — с.208-219.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Совокупность каких свойств бензола и его производных называют «ароматическими» свойствами?
2. Современное представление о строении молекулы бензола. Энергия сопряжения бензола, методы её определения.
3. Напишите структурные формулы всех изомерных ароматических углеводородов состава  $C_8H_{10}$ . Назовите их.
4. Перечислите заместители первого и второго рода, охарактеризуйте их влияние на направление и скорость электрофильного замещения.
5. Напишите схемы получения из бензола п-нитротолуола и м-нитротолуола.

**Тема 3. Галогенпроизводные углеводородов.**

Производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены галогеном, называются галогенпроизводными. По числу атомов галогена в молекуле углеводорода различают моно-, ди- и полигалогенпроизводные.

Существует несколько способов получения галогенпроизводных: галогенирование углеводородов, замещение гидроксила на галоген, присоединение галогенов и галогеноводородов по кратным связям.

У галогенпроизводных связь галоген-углерод полярна, поэтому галоген легко отщепляется, замещаясь на различные группы.

Галогенпроизводные широко применяются для синтеза многих органических соединений. Некоторые галогенпроизводные применяются в сельском хозяйстве.

Литература: 1 — с. 122-136; 2 — с.261-277.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите структурные формулы всех бромпроизводных углеводородов с общей формулой  $C_5H_{11}Br$ , назовите их.

2. На примере щелочного гидролиза бромистого бутила разберите механизм реакции нуклеофильного замещения.
3. Из хлористого изобутила получите изобутиловый спирт, изобутен, трет.бутиловый спирт, диизобутиловый эфир.
4. Из 2-хлорпропана получите несколькими способами изомаляную кислоту.
5. Приведите примеры алкилирования этилата натрия, ацетиленида серебра, аммиака.

#### Тема 4. Гидроксильные соединения

*Спирты* являются производными углеводородов, в молекуле которых один или несколько атомов водорода замещены гидроксильными группами — ОН.

По ИЮПАК номенклатуре название спиртов складывается из названия соответствующих углеводородов, с добавлением суффикса «-ол» и указанием цифрой местоположение гидроксила в цепи.

При изучении спиртов следует обратить внимание на изомерию, которая зависит от строения углеродной цепи и от положения гидроксила. В зависимости от положения гидроксила различают первичные, вторичные и третичные спирты, а по количеству спиртовых групп они подразделяются на одноатомные (алкоголи), двухатомные (гликоли), трех-, четырех-, пяти-, шестиатомные и т. д.

Некоторые свойства спиртов зависят от положения гидроксильной группы (например, их отношение к окислению) и от числа гидроксильных групп в молекуле спирта (например, взаимодействие с гидроксидом меди).

Спирты не обладают ярко выраженными кислотными или основными свойствами, но алкильный радикал в молекуле спирта вызывает смещение электронной плотности к атому кислорода. Диссоциация связи С—ОН проходит в большей степени, чем диссоциация связи О—Н, поэтому легче идут реакции замещения гидроксила.

При изучении химических свойств необходимо обратить внимание на реакцию окисления первичных и вторичных спиртов, реакцию образования алколюлятов, гликолятов, глицератов, сахаратов, также на получение простых и сложных эфиров.

Наряду с этим надо иметь в виду, что химический характер соединения определяется не только реакциями той группы, которая характеризует данный класс органических веществ, но и реакциями связанного с ней радикала. Этим объясняется различие в химических свойствах предельных и непредельных спиртов жирного ряда.

*Фенолами* называются производные ароматических углеводов, в молекуле которых один или несколько атомов водорода в ароматическом кольце замещены гидроксильными группами. В зависимости от количества гидроксильных групп различают фенолы: одноатомные, двухатомные и трехатомные.

Уясните различие между ароматическими спиртами и фенолами. Для них характерна одна и та же функциональная группа — ОН, но в ароматических спиртах она находится в боковой цепи углеродных атомов, а в фенолах — в ядре. Кроме различия в строении, следует уяснить различие спиртов и фенолов в характере химических реакций. Различие это, с одной стороны, обусловлено электроотрицательным характером фенильного радикала, который придает фенолу кислые свойства. Поэтому фенолы взаимодействуют с щелочами, а ароматические спирты этой реакции не дают, так как являются нейтральными соединениями.

С другой стороны, характерным для фенолов является то, что под влиянием гидроксильной группы атомы водорода в бензольном ядре в *орто*- и *пара*-положениях приобретают большую подвижность и большую способность к реакциям замещения. Бензол при обычных условиях с бромом не реагирует, но в фенолах, при тех же условиях, под влиянием гидроксильной группы водородные атомы легко замещаются на галогены.

Наряду с одноатомным фенолом, нужно также разобраться в строении двух- и трехатомных фенолов. Следует уяснить изомерию двухатомных (*орто*-, *мета*-, *пара*-изомер) и трехатомных фенолов (рядовой, несимметричный, симметричный), знать их свойства.

Литература: 1 — с.137-176; 2 — с. 278-313.

### Вопросы для самоконтроля

1. Сколько изомерных спиртов отвечает формуле  $C_5H_{11}OH$ ? Назовите их.
2. Какие спирты можно получить в результате реакций: щелочного гидролиза 2-хлорпропана; гидратации изобутилена; восстановления масляного альдегида? Напишите реакции.
3. Напишите качественные реакции позволяющие различить этанол, фенол, этиленгликоль.
4. Напишите схемы реакций современных методов получения фенола. Его химические свойства и применение.
5. Напишите реакции фенола с водным раствором щелочи, уксусным ангидридом, бромной водой, азотной кислотой.

### Тема 5. Карбонильные соединения.

Карбонильные соединения — это производные углеводородов, содержащие в своем составе оксо-группу, если эта группа соединена с углеводородным радикалом и водородом, то такие соединения называют альдегидами, если же она соединена с двумя углеводородными радикалами — кетонами.

Таким образом, как альдегиды, так и кетоны характеризуются наличием карбонильной группы, но отличаются различным ее местоположением. Надо знать, что электронное строение двойной связи карбонильной группы характеризуется наличием одной  $\sigma$ -связи и одной  $\pi$ -связи, эта двойная связь соединяет атом углерода с электроотрицательным атомом кислорода, сильно притягивающим электроны, поэтому эта связь сильно поляризована. Наличие в карбонильной группе альдегидов и кетонов сильно поляризованной двойной связи является причиной реакционной способности этих соединений.

Наиболее характерны для альдегидов и кетонов реакции присоединения. Следует сопоставить химические свойства альдегидов и кетонов, указать реакции, отличающие эти два вида соединений, знать, какие реакции свойственны альдегидам, какие кетонам: как протекает у них реакция полимеризации и конденсации, как и какие продукты получаются при окислении. Обратить внимание на подвижность водорода при  $\alpha$ -углеродном

атоме, т. е. углероде, непосредственно связанном с карбонильной группой.

Литература: 1 — с.177-203; 2 — с. 330-356.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите структурные формулы всех альдегидов и кетонов состава  $C_5H_{10}O$ . Назовите их по рациональной и ИЮПАК номенклатуре.
2. Напишите схемы реакции получения масляного альдегида и метилэтилкетона из соответствующих спиртов; метилпропилкетона – по реакции Кучерова.
3. Охарактеризуйте строение двойной углерод-углеродной связи. Отметьте их сходство и различия.
4. Напишите реакции пропаналя: с аммиачным раствором гидроксида серебра, с синильной кислотой, с метанолом, с фенилгидразином. Будет ли реагировать со всеми этими соединениями диизопропилкетон?
5. С помощью каких химических реакций можно отличить бутанон-2 от бутаналя?

## **Тема 10. Карбоновые кислоты.**

Карбоновые кислоты — это класс органических соединений в молекуле которых имеется карбоксильная группа.

При рассмотрении химических свойств карбоновых кислот следует обратить внимание на: диссоциацию кислот, образование солей (взаимодействие с металлами или основаниями), образование сложных эфиров, ангидридов, амидов, галогенангидридов, нитрилов.

Важнейшими представителями одноосновных предельных карбоновых кислот являются: муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, валериановая, капроновая, пальмитиновая, стеариновая.

Одноосновные непредельные карбоновые кислоты содержат в своем составе одну карбоксильную группу, а в радикале имеется одна или несколько кратных (ненасыщенных) связей. По карбоксильной группе эти кислоты проявляют те же свойства, что и предельные одноосновные карбоновые кислоты: диссоциируют,

образуют соли, амиды, галогенангидриды, ангидриды, сложные эфиры.

Ввиду того, что в радикале у непредельных карбоновых кислот имеются кратные связи, они могут участвовать в реакциях: гидрирования, присоединения галогенов, галогенводородов, воды, полимеризации.

Следует обратить внимание, что у непредельных одноосновных карбоновых кислот кислотные свойства выражены сильнее, чем у соответствующих предельных кислот, это объясняется влиянием непредельного радикала на карбоксильную группу.

Важнейшими представителями этой группы кислот являются: акриловая, кротоновая, метакриловая, олеиновая, линолевая, линоленовая кислоты. Необходимо изучить распространение этих кислот в природе и их применение.

Двухосновными предельными карбоновыми кислотами называются соединения, в молекуле которых содержится две карбоксильные группы.

При изучении химических свойств двухосновных кислот следует уяснить, что они проявляют все реакции карбоксильной группы, но в отличие от одноосновных кислот они могут образовывать два вида производных — полные, когда в реакцию вступают обе карбоксильные группы, и неполные, когда только одна карбоксильная группа вступает в реакцию. Обратите внимание на то, что двухосновные кислоты неодинаково относятся к нагреванию в зависимости от расположения карбоксильных групп относительно друг друга.

Важнейшие представители двухосновных предельных карбоновых кислот: щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, адипиновая.

### **Производные карбоновых кислот**

Сложными эфирами карбоновых кислот называют продукт замещения гидроксильной группы карбоксила кислоты на остаток спирта. Реакция образования сложных эфиров называется реакцией этерификации.

Воска — сложные эфиры высших жирных кислот и высших спиртов. Воска подразделяются на растительные и животные. Жиры — сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и различных органических кислот (пальмитиновая, стеариновая,

олеиновая, линоленовая и т. д.). Таким образом, различие жиров зависит от кислотного состава жира.

Масла — растительные жиры, они жидкие, т. к. в их состав входят непредельные жирные кислоты.

Необходимо уяснить такие понятия, как йодное число, гидрогенизация и омыление жира.

Амиды — производные карбоновых кислот, которые образуются при замещении гидроксильной группы карбоксила на аминогруппу. При изучении амидов следует уяснить классификацию, способы получения, химические свойства. Особое внимание нужно уделить мочеvine (карбамид), способам ее получения, химическим свойствам. Нужно знать применение мочевины и ее производных в сельском хозяйстве.

Литература: **1** — с.204-248; **2** — с. 357-407.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите структурные формулы всех изомерных кислот общей формулы  $C_5H_{10}O_2$ . Назовите их по рациональной и ИЮПАК номенклатурам. Отметьте кислоты, для которых возможна геометрическая номенклатура.
2. Какие соединения образуются: при нагревании аммониевой соли уксусной кислоты? При пиролизе кальциевой соли масляной кислоты?
3. Напишите формулы алкена, спирта, а также карбонильного соединения, окислением которых получится валериановая кислота.
4. Напишите реакции ацетилирования уксусным ангидридом, а также хлористым ацетилом пропилового спирта и диэтиламина.
5. Напишите реакцию полимеризации акриловой кислоты, а также реакцию её взаимодействия с бромистым водородом.

### **Тема 11. Оксикислоты**

Оксикислоты относятся к соединениям со смешанными функциями: в молекуле оксикислот имеется карбоксильная группа, характерная для кислот, и гидроксильная группа, характерная для спиртов.

В связи с тем, что в составе молекул оксикислот имеются гидроксильная и карбоксильная группы, введены понятия основно-

сти и атомности. *Основность оксикислоты определяется числом карбоксильных групп, атомность — общим числом гидроксильных групп, то есть свободных и входящих в состав карбоксильной группы.* Например:  $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—COOH}$  — молочная кислота является одноосновной и двухатомной кислотой.

Изучение оксикислот тесно связано со спиртами и с карбоновыми кислотами. При этом необходимо запомнить определение, классификацию, номенклатуру, способы получения и химические свойства.

У оксикислот отмечается структурная изомерия, связанная с положением гидроксильной группы относительно карбоксильной ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и т. д. оксикислоты). У многих оксикислот наблюдается пространственная (зеркальная) изомерия, т. к. они содержат асимметрический атом углерода (у которого все четыре валентности связаны с различными атомами или группами атомов). Являясь одновременно кислотами и спиртами, оксикислоты дают реакции как по карбоксильной группе (диссоциация, образование солей, амидов, ангидридов, галогенангидридов, сложных эфиров), так и по гидроксильной группе (алкоголяты, окисление, простые эфиры, сложные эфиры). Но, кроме того, в некоторых превращениях оксикислот следует учитывать взаимодействие гидроксильной и карбоксильной групп между собой (например, реакция отщепления воды при нагревании позволяет отличить  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - оксикислоты друг от друга).

Основные представители оксикислот: гликолевая, молочная, оксимасляные, яблочная, винная, лимонная.

Необходимо уметь различать строение оксикислот ароматического ряда и фенолокислоты, имея в виду, что гидроксильная группа в ароматических оксикислотах находится в боковой цепи, а у фенолокислот соединена с атомом углерода бензольного кольца. Для фенолокислот характерна изомерия положения гидроксильной группы относительно карбоксильной группы (орто-, мета-, пара-).

Необходимо уяснить общие химические реакции, свойственные как ароматическим оксикислотам, так и фенолокислотам, а также и их различия в химическом поведении.

Основными представителями фенолоксилов являются салициловая и галловая кислоты.

Литература: 1 — с.249-261; 2 — с. 410-419.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите структурные формулы всех изомерных оксимасляных кислот. Назовите их.
2. Приведите схемы реакций получения молочной кислоты.
3. Какой особенностью строения молекулы органического вещества обусловлена оптическая изомерия?
4. Сколько пространственных изомеров отвечает молекуле винной кислоты? Напишите их. Все ли пространственные изомеры будут проявлять оптическую активность?
5. Какие соединения называются энантиомерами? Каково различие свойств энантиомеров?

### **Тема 12. Оксокислоты (альдегидо- и кетокислоты)**

Оксокислотами называются органические соединения, в молекуле которых имеется карбоксильная группа и оксогруппа (альдегидная или кетонная).

Необходимо разобраться в изомерии оксокислот и знать формулы основных представителей: глиоксалевого, пировиноградного, щавелевоуксусного,  $\alpha$ -кетоглутарового, ацетоуксусного. Изучая химические свойства оксокислот, уясните реакции, обусловленные наличием карбоксильной и карбонильной групп.

Особое внимание следует уделить ацетоуксусному эфиру, так как на его примере наиболее хорошо изучено явление кетонольной таутомерии, образование мезомерного аниона.

Литература: 1 — с.261-267; 2 — с. 419-430.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите схемы реакций получения ацетоуксусного эфира из дикетена.
2. Напишите схему реакции глиоксиловой кислоты с  $\text{PCl}_5$ .

3. С помощью ацетоуксусного эфира синтезируйте гексанон-2, масляную и изовалериановую кислоты.
4. Укажите какие из соединений: метилацетоуксусный, диметилацетоуксусный эфир будут давать окрашивание с хлорным железом, образовывать натриевое производное с этилатом натрия.
5. Напишите формулы кетонной и енольной форм ацетоуксусного эфира. Каким путём можно доказать наличие таутомерных форм в ацетоуксусном эфире.

### Тема 13. Углеводы

Углеводы или сахара, — это группа природных органических соединений, имеющих большое биологическое значение в жизни животных и растений. Это самая распространенная группа природных органических соединений, составляющих 80% сухого веса растений и 2% — животных организмов.

Углеводы образуются в растениях из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в процессе реакций фотосинтеза, осуществляемых за счет солнечной энергии с участием зеленого пигмента растений — хлорофилла.

#### Оптическая изомерия

Явление оптической активности широко распространено среди органических соединений. К оптически активным веществам относятся многие важные природные вещества: белки, углеводы. Это явление имеет глубокое биологическое значение, т. к. оно связано с асимметрией живого вещества и явлением жизни.

Оптическая активность большинства органических соединений связана со строением их молекул. Молекула органического соединения, в которой атом углерода связан с четырьмя различными атомами или группами атомов, асимметрична, поэтому она вращает плоскость поляризованного луча и, следовательно, оптически активна. В подобной молекуле отсутствует плоскость симметрии. Структурным признаком асимметричного соединения является присутствие асимметричного атома углерода, обозначаемого обычно звездочкой.

Асимметричной молекуле соответствует ее стереоизомер. Он имеет иное расположение заместителей в пространстве и является зеркальным изображением первого изомера. Оба изомера относятся как предмет и его изображение в зеркале.

Необходимо уяснить вклад ученых (Ж. Б. Био, Л. Пастер, Я. Г. Вант-Гофф, Ж. А. Ле-Бель, М. А. Розанова) в изучение оптически активных веществ, а также такие понятия, как: энантиомеры, рацематы, асимметрический синтез.

*Моносахариды* (монозы) — вещества, не способные подвергаться гидролизу. В первую очередь надо разобраться в классификации простых сахаров (по числу углеродных атомов, по функциональным группам). Далее нужно хорошо усвоить строение моноз, уяснить особенности строения ациклических и циклических форм. Необходимо помнить, что для изображения пространственной конфигурации циклических форм моносахаридов пользуются проекционными формулами Фишера или перспективными формулами Хеуорса. Уметь определять  $\alpha$ - и  $\beta$ -формы моноз.

Необходимо разобраться в эпимерных превращениях, уметь писать стереоизомеры (*D*- и *L*-изомеры). Разобраться в понятиях таутомерия, аномеры.

Моносахариды — соединения со смешанными функциями, т. е. они имеют в молекуле альдегидную или кетонную группы и несколько спиртовых. Поэтому нужно уметь писать реакции с монозами по всем функциональным группам.

Уясните, какой гидроксил называется полуацетальным (гликозидным) и чем его свойства отличаются от спиртовых гидроксильных. Знать важнейшие представители триоз, пентоз, гексоз и их роль в живой природе.

Ди- и полисахариды состоят из моносахаридов. Нужно уметь писать структурные формулы мальтозы, сахарозы, лактозы, целлобиозы, трегалозы. Знать, что в состав ди- и полисахаридов входят остатки циклических форм моносахаридов, соединенных через кислород. Уяснить, чем отличаются восстанавливающие дисахариды (гликозо-гликозиды) от невосстанавливающих (гликозидо-гликозиды). Изучение полисахаридов надо начинать со знакомства с их строением, отличительных особенностей структурных формул крахмала и клетчатки, знать

особенности  $\alpha$ - и  $\beta$ -гликозидных связей, а также биологическое и практическое значение этих полисахаридов.

В процессе освоения класса углеводов большое внимание необходимо обратить на эфиры сахаров, и в первую очередь на фосфорные эфиры, так как они занимают особое место в синтезе и распаде сахаров. При образовании таких эфиров вступают в реакцию с фосфорной кислотой гидроксильные группы, находящиеся у первого и последнего атомов углерода моносахарида.

Литература: **1** — с.275-318; **2** — с. 430-484.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. На примере молекулы D-глюкозы поясните, какой атом углерода называется асимметрическим, какие изомеры называются энантиомерами, что называется рацематом?
2. Что такое  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры сахаров? Укажите на конкретных примерах моносахаридов.
3. Что такое гликозидный гидроксил? Какие реакции свойственны этой гидроксильной группе?
4. Напишите уравнения реакций образования сложных эфиров глюкозы и фруктозы с фосфорной кислотой.
5. Укажите, какие дисахариды относятся к восстанавливающему и невосстанавливающему типу. Приведите примеры восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов.

## **Тема 14. Амины**

Амины — органические соединения, которые образуются при замещении атомов водорода в молекуле аммиака на углеводородный радикал. По количеству замещенных атомов водорода в аммиаке амины делят на первичные, вторичные и третичные. Необходимо уяснить классификацию аминов в зависимости от характера углеводородного радикала (амины жирного и ароматического ряда).

При изучении химических свойств аминов надо знать, как реагируют амины с водой и кислотами, изучить реакции образования кислых и средних солей.

Амины, так же как и аммиак, обладают основными свойствами, которые обусловлены наличием у азота свободной электронной пары, притягивающей протон.

Амины жирного ряда более сильные основания, чем аммиак. Более сильная щелочная реакция водных растворов аминов объясняется положительным индуктивным влиянием алкильных радикалов, за счет чего повышается электронная плотность у атома азота. Нужно знать, как ведут себя амины с азотистой кислотой, так как эта реакция является характерной для них и дает возможность отличить первичные, вторичные и третичные амины. У ароматических аминов основные свойства выражены слабее, чем у аминов жирного ряда, так как сказывается влияние бензольного кольца. Разберитесь в способах получения различных аминов, особенно обратите внимание на реакции Гофмана и Зинина.

Аминоспиртами называют соединения, в молекуле которых одновременно содержатся амино- и гидроксильная группы. Основными представителями этой группы соединений являются 2-аминоэтанол (коламин) и гидроксид оксиэтилтриметиламмония (холин). Необходимо изучить способы их получения, свойства и биологическую роль. Указанные аминоспирты входят в состав фосфатидов, ацетилхолина, которые являются физиологически активными веществами.

Литература: **1** — с.318-339; **2** — с. 314-330.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите структурные формулы  $C_3H_9N$ . Назовите их по рациональной и ИЮПАК номенклатурам. Какие из них являются первичными, вторичными, третичными?
2. Напишите схемы реакций получения этиламина всеми возможными способами.
3. Сравните строение молекул метиламина и хлористого метиламмония.
4. Какие из приведенных аминов: этиламин, диэтиламин, триэтиламин будут вступать в реакции с соляной кислотой, с йодистым этилом, хлористым ацетилом, с азотистой кислотой? Напишите уравнения реакций. Какой из этих аминов будет наиболее сильным основанием? Дайте объяснение.

5. Напишите реакции, характеризующие коламин как спирт как амин.

## Тема 15. Аминокислоты и белки

Приступая к изучению аминокислот, обратите внимание на то, что их можно рассматривать как производные карбоновых кислот, в углеводородном радикале которых атомы водорода замещены на одну или более аминогрупп ( $\text{NH}_2$ ).

При изучении аминокислот следует уяснить их номенклатуру, классификацию и способы получения, нужно уметь писать формулы важнейших аминокислот.

При изучении изомерии аминокислот необходимо знать изомерию, связанную с положением аминогруппы ( $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -аминокислоты) и оптическую изомерию (природные аминокислоты относятся к L-ряду).

Аминокислоты, которые не синтезируются в организме животных, называются незаменимыми. Аминокислоты в белках связаны пептидной связью.

Обратите внимание на то, что в молекуле аминокислоты имеются две функциональные группы: карбоксильная и аминная. Карбоксил—носитель кислотных свойств, аминогруппа—основных свойств, поэтому аминокислоты являются в одно и то же время кислотами и основаниями, т. е. обладают амфотерными свойствами. Нужно уметь писать диссоциацию аминокислоты, как амфотерного соединения. Следует знать следующие характерные для аминокислот химические свойства: образование а) внутренних солей, б) солей с кислотами и основаниями, в) эфиров, г) пептидов.

Аминокислоты соединяются друг с другом пептидной связью, соединение, образованное двумя аминокислотами, называют дипептидом. Увеличивая число аминокислот, получают три-пептид, тетрапептид и т. д. Если число аминокислот свыше 10 и до 5000, то соединения именуется полипептидами.

Полипептиды называют по тем аминокислотам, которые его образуют, только у названия аминокислоты, карбоксильная

группа которой участвует в образовании пептидной связи, суффикс «ин» меняется на «ил».

В настоящее время принято сокращенное буквенное обозначение полипептидов, когда аминокислотный остаток обозначается символом трех первых букв названия аминокислоты. Разберитесь в строении природных полипептидов (глутатион и др.).

Белки входят в состав всех живых организмов и представляют собой биополимеры  $\alpha$ -аминокислот. Необходимо разобраться в строении белков, классификации (простые и сложные) и в физических и химических свойствах белков. Знать основные качественные реакции на белки (биуретовая, ксантопротеиновая, нингидриновая и т. д.).

Литература: **1** — с.339-371; **2** — с. 484-516.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:  $\beta$ -аминомасляной кислоты, амида  $\gamma$ -капроновой кислоты, диэтилового эфира аспарагиновой кислоты, дипептида  $\alpha$ -аминоуксусной кислоты и  $\beta$ -аминопропионовой кислоты.
2. Напишите схему получения из пропионового альдегида  $\alpha$ -аминомасляной кислоты, из акриловой кислоты  $\beta$ -аланина.
3. Напишите уравнения реакций  $\alpha$ -аминопропионовой кислоты с водным раствором KOH, HCl, уксусным ангидридом, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH ( в присутствии HCl ), HNO<sub>2</sub>.
4. Какие продукты образуются при нагревании гликокола,  $\beta$ -аминовалериановой,  $\epsilon$ -аминокапроновой?
5. Какими особенностями характеризуются ди- и полипептиды?

### **Тема 16. Гетероциклические соединения**

Гетероциклические соединения — это соединения, содержащие в своих молекулах циклы, в образовании которых кроме атомов углерода, принимают участие и атомы других элементов (N, O, S и др.).

Гетероциклические соединения широко распространены в природе и имеют большое биологическое значение. Наиболее

важными для живой природы являются гетероциклы, которые входят в состав нуклеиновых кислот, ферментов, витаминов, хлорофилла, гемоглобина и других соединений. Изучение гетероциклов нужно начинать с пиррола. Обратите внимание на усиление основных свойств пирролидина, полученного при восстановлении пиррола водородом.

Важное значение имеет шестичленный гетероцикл пиридин, производным которого является витамин РР (амид никотиновой кислоты).

Необходимо знать строение гетероциклов с двумя атомами азота в кольце, пиримидина и пурина, и их производных. Усвойте структурные формулы цитозина (2-окси-6-аминопиримидин), урацила (2,6-диоксипиримидин), тимина (2,6-диокси-5-метилпиримидин), аденина (6-аминопурин) и гуанина (2-амино-6-оксипурин).

Литература: 1 — с.371-412; 2 — с. 516-546.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Сравните строение и свойства тиофена, пиррола и фурана.
2. Охарактеризуйте кислотные и основные свойства пиррола.
3. Сравните строение молекулы нитробензола и пиридина. В чем сходство их химических свойств?
4. Напишите схемы гидрирования пиррола и пиридина.
5. Приведите примеры реакций электрофильного замещения пиррола и пиридина.

### **Тема 17. Нуклеиновые кислоты**

Нуклеиновые кислоты входят в состав растительных и животных клеток, принимают участие в передаче наследственных признаков и синтезе белка. Разберитесь в классификации нуклеиновых кислот. Уясните, чем отличаются по строению ДНК и РНК, нуклеозиды и нуклеотиды. Нуклеозиды являются N-гликозидами с агликоном — остатком определенных гетероциклических соединений (аденина, гуанина, тимина, цитозина, урацила). Нуклеотиды образуются за счет присоединения фосфорной кислоты к нуклеозиду через гидроксил у пятого либо у третьего углеродного атома пентозы:

Литература: 1 — с.412-424; 2 — с. 552-568.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Из каких мономерных единиц построены нуклеиновые кислоты?
2. Чем по строению отличаются нуклеотиды от нуклеозидов.
3. Производные каких гетероциклических соединений входят в состав нуклеиновых кислот.
4. Чем по химическому строению отличаются молекулы ДНК и РНК?
5. Какую биологическую роль выполняют нуклеиновые кислоты?

## РАЗДЕЛ 3

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### И УКАЗАНИЯ ПО ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЮ

#### 3.1.УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с учебным планом по органической химии следует выполнить одну контрольную работу. К написанию контрольной работы надо приступить после полного изучения курса по учебнику в соответствии с программой и методическими указаниями.

При оформлении работы вопросы контрольного задания переписываются полностью в тетрадь и указывается номер вопроса в соответствии с шифром. После каждого вопроса необходимо дать четкий и ясный письменный ответ. Уравнения реакций показывать структурными формулами и подписывать наименования всех соединений по международной номенклатуре.

В конце работы приводится список учебной литературы, использованных при выполнении контрольной работы, с указанием авторов и года издания; ставится дата окончания работы над контрольной и подпись.

Варианты контрольных заданий представлены в таблице.

**Студент выполняет вариант задания по двум последним цифрам шифра.** Например, для шифра 1123 номера вопросов находятся на пересечении цифры 2 по вертикали с цифрой 3 по горизонтали, это вопросы: 6, 14, 27, 36, 48, 60, 66, 75.

**Выполненную контрольную работу студенты регистрируют на факультете заочного обучения и сдают на кафедру органической химии старшему лаборанту, затем контрольную работу проверяет преподаватель.** Если контрольная работа после проверки имеет отметку «зачтено», то студент после завершения лабораторного практикума и проверки лабораторного журнала защищает эту работу у преподавателя и получает допуск к экзамену. Если на контрольной работе сделана пометка «на доработку», то студент делает исправления в соответствии с замечаниями преподавателя и сдает тетрадь на повторную проверку. После завершения экзаменов контрольная работа студенту не возвращается. Все вопросы, связанные с изучением теоретического курса и выполнения контрольные работы студент решает на консультации в назначенное время деканатом заочного отделения.



все заместители по характеру своего направляющего действия? Исходя из бензола, получите: а) м-бромнитробензол, б) о- и п-бромнитробензол.

11. Спирты, их классификация. Напишите формулы изомерных спиртов состава:  $C_4H_9OH$ . Дайте им названия по международной номенклатуре, укажите первичный, вторичный и третичный спирты.

12. В чем отличие первичных и вторичных спиртов по химическим свойствам? Ответ подтвердите соответствующими уравнениями реакций.

13. Химические свойства двухатомных и трехатомных спиртов. Напишите качественную реакцию на многоатомные спирты.

14. Отличие в строении ароматических спиртов и фенолов. Как это отражается на их химических свойствах? Ответ иллюстрируйте соответствующими уравнениями реакций.

15. Тимол — антисептик, применяется при желудочно-кишечных заболеваниях. К какому классу органических соединений он относится? Какие типы химических реакций для него характерны?

16. Номенклатура и изомерия альдегидов и кетонов. Напишите формулы всех изомерных альдегидов и кетонов состава  $C_5H_{10}O$ , назвать их по международной номенклатуре.

17. Способы получения альдегидов и кетонов. Ответ подтвердите соответствующими уравнениями реакций.

18. Химические свойства альдегидов. Напишите уравнения реакций, характерные для уксусного альдегида.

19. Химические свойства кетонов. Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций с ацетоном.

20. Почему у альдегидов и кетонов проявляются сходные химические свойства? Напишите уравнения реакций, которые могут протекать как с альдегидами, так и с кетонами.

21. Классификация, номенклатура и способы получения карбоновых кислот.

22. Химические свойства предельных одноосновных карбоновых кислот на примере уксусной кислоты. Напишите уравнение реакции образования сложного эфира из уксусной кислоты и пропанола-2.

23. Химические свойства предельных двухосновных карбо-

новых кислот на примере щавелевой кислоты. Напишите уравнение реакции образования полного сложного эфира из щавелевой кислоты и пропанола-2.

24. Геометрическая (цис- и транс-) изомерия на примере бутендиовой кислоты. Напишите уравнение реакции образования полного сложного эфира из фумаровой кислоты и пропанола-2.

25. Изомерия и химические свойства фталевых кислот. Напишите уравнение реакции образования кислого сложного эфира из терефталевой кислоты и этанола.

26. Реакция этерификации. Напишите уравнение реакции образования тристеарина.

27. Жиры, их разновидности и способы получения. Напишите уравнение реакции образования трипальмитина.

28. Воска, их отличие от жиров. Напишите уравнение реакции образования воска.

29. Мыла, способы получения. Напишите уравнение реакции омыления трипальмитина щелочью.

30. Жидкие жиры, их строение и применение. Напишите уравнение реакции гидролиза триолеина.

31. Какие соединения называются оксикислотами? Их классификация и номенклатура. Напишите формулу молочной кислоты и укажите, к каким оксикислотам она относится.

32. Основность оксикислот. Чему равна основность яблочной кислоты? Напишите уравнение реакции образования неполного сложного эфира из яблочной кислоты и пропанола-2.

33. Атомность оксикислот. Чему равна атомность яблочной кислоты? Напишите уравнение реакции образования сложного эфира из яблочной и уксусной кислот.

34. Химические свойства оксикислот, обусловленные карбоксильной группой. Напишите уравнения реакций, подтверждающие эти свойства для молочной кислоты.

35. Химические свойства оксикислот, обусловленные гидроксильной группой. Напишите уравнения реакций с молочной кислотой.

36. Особенности протекания реакции при нагревании с выделением воды  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -ОКСИКИСЛОТ. Напишите уравнения реакций с оксимасляными кислотами.

37. Реакции окисления оксикислот. Напишите уравнения данных реакций с  $\alpha$ - и  $\beta$ -оксипропионовой и яблочной кислотами.

38. Изомерия фенолокислот. Напишите уравнения реакций образования простого и сложного эфиров из салициловой кислоты и этанола.

39. Альдегидокислоты. На примере глиоксалевой кислоты напишите уравнения реакций, характерные для альдегидной и карбоксильной групп.

40. Кетокислоты. На примере пировиноградной кислоты (кетопро-пионовой) напишите основные уравнения реакций, характерные для кето- и карбоксильной групп.

41. Классификация углеводов. Приведите примеры триоз, пентоз и гексоз. Напишите уравнение реакции серебряного зеркала с глюкозой.

42. Какой вид изомерии называется стереоизомерией и какой углеродный атом — асимметрическим? Напишите проекционные формулы стереоизомеров глюкозы D- и L-ряда. Отметьте асимметрические атомы углерода.

43. Химические свойства моносахаридов. Напишите соответствующие уравнения реакций с глюкозой.

44. Циклические формы моносахаридов. Напишите открытые и циклические формулы D-фруктозы и D-глюкозы.

45. Какая гидроксильная группа называется полуацетальной (гликозидной) и чем она отличается от других гидроксильных групп в моносахаридах? Напишите уравнение реакции образования гликозида из  $\alpha$ -D-галактозы и этанола.

46. Определение и классификация дисахаридов. Напишите уравнение реакции образования мальтозы.

47. Восстанавливающий тип дисахаридов. Напишите уравнение реакции серебряного зеркала с лактозой.

48. В чем заключается инверсия сахаров? Что такое инвертный сахар? Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы.

49. Какие продукты образуются при гидролизе клетчатки? Напишите уравнение реакции гидролиза целлобиозы.

50. Гликоген, его строение и свойства. Напишите уравнение реакции гидролиза мальтозы.

51. Амины, определение, классификация и номенклатура.

Напишите уравнение реакции взаимодействия метилэтиламина с серной кислотой.

52. Способы получения аминов. Реакция Зинина Н. Н. Напишите уравнение реакции синтеза анилина (фениламина).

53. Химические свойства первичных аминов. Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций для этиламина.

54. Химические свойства вторичных аминов. Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций для диметиламина.

55. Химические свойства третичных аминов. Ответ подтвердите соответствующими уравнениями реакций для триметиламина.

56. Анилин, химические свойства. В чем выражается взаимное влияние радикала и аминогруппы в анилине?

57. Какие соединения называются амидами? Их химические свойства.

58. Мочевина. Способы получения и применение в сельском хозяйстве.

59. Мочевина. Химические свойства. Напишите уравнение реакции образования биурета.

60. Аминоспирты, определение, распространение в природе. Напишите формулы этаноламина (коламина) и холина.

61. Классификация аминокислот. К каким аминокислотам относится аланин? Напишите диссоциацию аланина по кислотному и основному типу.

62. Номенклатура аминокислот. Напишите уравнения реакций взаимодействия аланина с NaOH и HCl.

63. Амфотерные свойства аминокислот. Ответ подтвердите реакциями с цистеином.

64. Заменяемые и незаменимые аминокислоты, приведите примеры. Напишите уравнение реакции образования цистина из цистеина.

65. Приведите примеры оксиаминокислот. Напишите уравнение реакции образования сложного эфира из серина и фосфорной кислоты.

66. Какую реакцию будет иметь раствор аспарагиновой кислоты? Напишите диссоциацию указанной кислоты по основному и кислотному типу.

67. Пептиды, пептидная связь. Напишите уравнение реакции образования дипептида из серина и цистеина.

68. Пептиды, их номенклатура. Напишите уравнение реакции образования дипептида из валина и серина.

69. Белки, классификация и состав. Напишите уравнение реакции образования дипептида из фенилаланина и аланина.

70. Первичная, вторичная и третичная структуры белка. Напишите уравнение реакции образования дипептида из серина и аланина.

71. Гетероциклические соединения. Классификация. Строение пиридина, его биологическая роль.

72. Пиррол, его строение, свойства. Биологическая роль пиррола и его производных.

73. Индол, его строение и свойства. В состав какой аминокислоты входит индол?

74. Аденозинтрифосфат (АТФ), его строение и биологическая роль.

75. Дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК), строение и биологическая роль. Напишите уравнение реакции образования нуклеотида из тимина, дезоксирибозы и фосфорной кислоты

76. Рибонуклеиновые кислоты (РНК), строение, виды РНК и биологическая роль. Напишите нуклеотид, состоящий из урацила, рибозы и фосфорной кислоты.

77. Чем отличаются нуклеотиды от нуклеозидов? Напишите формулы нуклеотида, состоящего из цитозина, дезоксирибозы и фосфорной кислоты.

78. Какие азотистые основания входят в состав ДНК и РНК? Напишите формулу нуклеотида, входящего в состав ДНК.

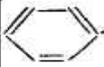
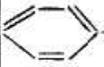
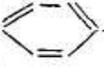
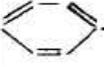
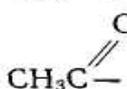
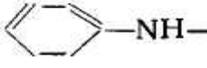
79. Чем отличаются по составу нуклеотиды ДНК и РНК? Напишите формулу нуклеотида, входящего в состав РНК.

80. Понятие об алкалоидах. Напишите формулы никотина, кониина, хинина, анабазина.

## Приложение 1

Тип реакции	Тип разрыва связи	Промежуточная частица	Механизм реакции	Примеры реакций
Замещение (substitution): $S_R$	гомолитически й (радикальный)	радикал	$AB+CD \rightarrow AC+BD$ $A: B \rightarrow A\cdot + \cdot B$	Действие галогенов на предель-
Замещение (substitution): $S_N$	Гетеролитически (ионный) нуклеофильный	карбокатион	$A/:B+D^- \rightarrow A:D+B$ :	получение аминов из спиртов
Замещение	электрофильный	карбанион		

## Названия важнейших радикалов

Радикал	Название	Радикал	Название
1	2	1	2
$\text{CH}_3-$	Метил	$\text{CH}_3-$  $-\text{NH}-$	Толуидино- (приведен п-изомер)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-$	Этил	 $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$	Фенэтил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	н-Пропил	 $-$	Фенил
$\text{CH}_3\text{CHCH}_3$	Изопропил	$\text{CH}_3-$  $-$	Толлил (приве- ден п-изомер)
$\text{CH}_2=$	Метилен	 $-\text{CH}_2-$	Бензил
$\text{CH}=\text{}$	Метилидин (метин)	 $-\text{CH}=\text{}$	Бензилиден
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{}$	Этилиден	 $-\text{CH}=\text{CH}-$	Стирил
$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$	Этилен	$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})-$	Ацетил (анало- гично «пропио- нил», «бутирил» «изобутирил»)
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	Триметилен	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(=\text{O})-$	Бензоил
$\text{CH}_2=\text{CH}-$	Винил	$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$	Ацетиламино (аналогично и для других ки- слотных остат- ков)
$\text{HC}\equiv\text{C}-$	Этинил	 $-\text{NH}-$	Анилино-
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{}$	Винилиден		
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-$	Пропенил		
$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$	Аллил		
	Ацетил (анало- гично «пропио- нил», «бутирил» «изобутирил»)	$\text{CH}_3\text{O}-$	Метокси (ана- логично «эток- си» и вообще «алкокси», «фе- нокси» и т. д.)
	Бензоил	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	Метилендиокси
	Ацетиламино (аналогично и для других ки- слотных остат- ков)	$\text{NH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$	Уреидо
	Анилино-		

## Приложение 3

## Названия некоторых кислот и их радикалов

Название кислоты		Название радикала	Формула радикала
международное	тривиальное		

## Предельные алифатические монокарбоновые кислоты

Метановая	Муравьиная	Формил	$\text{HCO—}$
Этановая	Уксусная	Ацетил	$\text{CH}_3\text{—CO—}$
Пропановая	Пропионовая	Пропионил	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—}$
Бутановая	Масляная	Бутирил	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_2\text{—CO—}$
Пентановая	Валериановая	Валерил	$\text{CH}_3\text{(CH}_2)_3\text{—CO—}$
Октадекановая	Стеариновая	Стеароил	$\text{CH}_3\text{(CH}_2)_{16}\text{—CO—}$
Гексадекановая	Пальмитиновая	Пальмитоил	$\text{CH}_3\text{(CH}_2)_{14}\text{—CO—}$

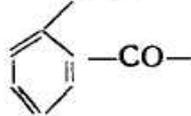
## Предельные алифатические дикарбоновые кислоты

Этандиовая	Щавелевая	Оксалил	$\text{—OC—CO—}$
Пропандиовая	Малоновая	Малонил	$\text{—OC—CH}_2\text{—CO—}$
Бутандиовая	Янтарная	Сукцинил	$\text{—OC—(CH}_2)_2\text{—CO—}$
Пентандиовая	Глутаровая	Глутарил	$\text{—OC—(CH}_2)_3\text{—CO—}$

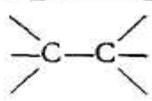
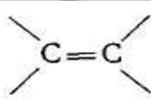
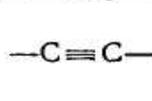
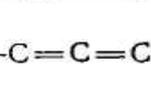
## Непредельные алифатические кислоты

Проленовая	Акриловая	Акрилоил	$\text{CH}_2=\text{CH—CO—}$
2-Метилпроленовая	Метакриловая	Метакрилоил	$\text{CH}_2=\text{C(CH}_3)\text{—CO—}$
транс-Бутен-2-овая	Кротоновая	Кротоноил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCO—}$
цис-Октадецен-2-овая	Олеиновая	Олеоил	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO—}$
цис-Бутен-2-диовая	Маленная	Малеолил	$\text{—OC—CH}=\text{CH—CO—}$
транс-Бутен-2-диовая	Фумаровая	Фумароил	$\text{—OC—CH}=\text{CH—CO—}$

## Карбоциклические кислоты

Бензолкарбоновая	Бензойная	Бензоил	$\text{C}_6\text{H}_5\text{—CO—}$
1, 2-Бензолдикарбоновая	Фталевая	Фталоил	$\text{CO—}$ 

## Приложение 4

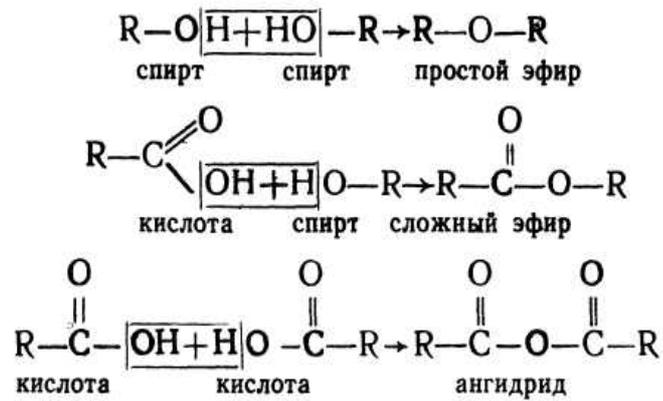
	Углеводороды				
	Предельные	Непредельные			
		этиленовые	ацетиленовые	диеновые	ароматические
Общая формула	$C_nH_{2n+2}$	$C_nH_{2n}$	$C_nH_{2n-2}$	$C_nH_{2n-2}$	$C_nH_n$
Тип связи					
Окончание	АН	ЕН	ИН	ДИЕН	
Основные типы реакций	<ol style="list-style-type: none"> <li>Замещение водорода               <ol style="list-style-type: none"> <li>на галогены</li> <li>на нитрогруппу (реакция Коновалова)</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Присоединение               <ol style="list-style-type: none"> <li>водорода,</li> <li>галогенов,</li> <li>галогеноводородов,</li> <li>воды (для ацетиленовых это реакция Кучерова)</li> </ol> </li> <li>Окисление в присутствии <math>H_2O</math></li> <li>Полимеризация</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Замещение водорода               <ol style="list-style-type: none"> <li>на галоген</li> <li>на нитрогруппу</li> </ol> </li> <li>Присоединение:               <ol style="list-style-type: none"> <li>водорода</li> <li>галогена</li> </ol> </li> </ol>		

## Приложение 5

Спирты	Альдегиды	Кетоны	Карбоновые кислоты	Амины
$R-(OH)_n$	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R$	$R-COOH$	$R-NH_2$
ОЛ	АЛЬ	ОН	ОВАЯ	АМИН
1. Замещение а) водорода гидроксила на щелочной метал (алкоголята), б) всего гидроксила на галоген (с $PCl_5$ ), в) всего гидроксила на аминогруппу (с $NH_3$ ) 2. Окисление а) первичные спирты в альдегиды, б) вторичные спирты в кетоны 3. Образование эфиров: а) простых, б) сложных 4. Для многоатомных спиртов с $Cu(OH)_2$ 5. Фенолы с $NaOH$	1. Окисление: а) кислородом воздуха, б) $AgO$ (реакция серебряного зеркала), в) $Cu(OH)_2$ 2. Замещение кислорода на галоген (с $PCl_5$ ) 3. Присоединение: а) водорода, б) $HCN$ , в) $NaHSO_3$ г) спирта 4. Полимеризация 5. Поликонденсация	к качественным реакциям на альдегиды к кислороду присоединяется всегда водород, а вся остальная часть молекулы к углероду	1. Диссоциация 2. Замещение а) водорода карбоксила на метал (соли), б) гидроксила карбоксила на галоген (с $PCl_5$ ), в) гидроксила карбоксила на аминогруппу (амиды) 3. Образование ангидридов 4. Образование сложных эфиров	1. С $H_2O$ (гидроксиды) 2. С кислотами (соли) 3. С $HNO_2$ а) первичные амины образуют спирты, азот и воду, б) вторичные амины-нитрозамины, в) третичные амины—соли

## Приложение 6

## Образование эфиров и ангидридов



## Образование дисахаридов

- |   |              |                               |
|---|--------------|-------------------------------|
| 1. α-глюкоза + α-глюкоза, связь α-1,4     | → мальтоза   | } восстанавливающие дисахара  |
| 2. β-глюкоза + β-глюкоза, связь β-1,4     | → целлобиоза |                               |
| 3. α-глюкоза + β-галактоза, связь β-1,4   | → лактоза    |                               |
| 4. α-глюкоза + β-фруктоза, связь α, β-1,2 | → сахароза   | } невосстанавливающий дисахар |