

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ГОРНО-АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра органической, биологической химии и МПХ

**Методические рекомендации  
по курсу «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

Для студентов, обучающихся по специальностям  
110201 «Агрономия»  
020201 «Биология»

Горно-Алтайск  
РИО Горно-Алтайского госуниверситета  
2009

Печатается по решению методического совета  
Горно-Алтайского государственного университета

**Методические рекомендации по курсу «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»** (для студентов, обучающихся по специальностям «Агрономия», «Биология»)/ Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2009. – с 84.

**Составитель:**

**Тенгереква Г.Г.**, к.х.н., доцент

**Рецензенты:**

**Четвергова Н.Е.**, к.п.н., доцент Бийского педагогического государственного университета им. В.М. Шукшина

**Устюжанина Е.Н.**, к. п. н., доцент  
Горно-Алтайского государственного университета

В работе представлены учебно-методические материалы по дисциплине «Органическая химия», в том числе программа, краткий лекционный курс, методические указания студентам по самостоятельной работе, содержание химического практикума, глоссарий, основная и дополнительная литература, темы рефератов и вопросы, выносимые на семестровый экзамен. Дисциплина «Органическая химия» является дисциплиной федерального компонента для студентов 1 курса специальности «Агрономия», и 2 курса специальности «Биология».

© Тенгереква Г.Г., 2009

## Содержание

Квалификационная характеристика специалиста	4
Набор компетенций, которые формируются у студентов при изучении курса	5
Рабочая программа дисциплины:	
I. Организационно-методический раздел	5
II. Требования к обязательному минимуму содержания дисциплины, определенные ГОС ВПО	6
III. Технологическая карта учебного курса	8
IV. Содержание учебного курса	10
V. Тематика лекций	23
VI. Практикум	25
Лабораторные работы	37
VII. Глоссарий	60
VIII. Рекомендуемая литература	66
План самостоятельной работы	67
Содержание письменной домашней работы	71
Темы рефератов	82
Вопросы для подготовки к экзамену по курсу органической химии	83

### **Квалификационная характеристика специалиста «Ученый агроном»:**

- определяет оптимальные параметры плодоношения и свойств почв для получения высоких урожаев, системы защиты растений, технологии обеззараживания продукции;
- знает свойства удобрений и агроメリорантов, методы определения норм их применения и расчета баланса органического вещества и элементов питания;
- осуществляет контроль за качеством продукции полеводства, овощеводства, плодоводства;
- уточняет и реализует современные экологически безопасные технологии производства растениеводческой продукции и воспроизводства плодородия почв в конкретных условиях хозяйства.

### **Квалификационная характеристика специалиста «Ученый биолог»:**

- осуществляет деятельность по изучению и охране живой природы;
- проводит работу по использованию биологических систем в хозяйственных и медицинских целях;
- разрабатывает нормативные документы в своей области деятельности;
- организует и выполняет лабораторные исследования;
- анализирует получаемую лабораторную информацию, обобщает и систематизирует результаты выполненных работ;
- проводит экспериментальные исследования в своей области, формулирует их задачу, участвует в разработке и осуществлении новых методических подходов, обсуждении, оценке и публикации результатов;
- следит за соблюдением законодательства РФ, международных соглашений, выполнением норм и правил в области охраны природы;
- планирует мероприятия по охране природы и здоровья человека, предотвращению загрязнения и деградации природной среды.

**Набор компетенций, которые формируются у студентов при изучении курса.** При изучении лекционного материала по органической химии, подготовке и проведении практических и лабораторных занятий студенты должны приобрести основные знания и умения:

- усвоить основные понятия органической химии; закономерности строения органических соединений;
- научиться записи формул органических соединений и реакций с их участием;
- научиться составлению названий органических соединений;
- знание основных механизмов реакций органических соединений;
- знание методов синтеза наиболее важных соединений;
- практические умения и навыки по основным приемам работы с органическими веществами в лаборатории;
- знание качественных реакций на основные классы органических соединений;
- создание базы для изучения биологических дисциплин.
- навыки корпоративного мышления и коммуникативных компетенций при работе на семинарах и в период выполнения лабораторных опытов в паре и микрогруппах;
- навыки различных видов аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы (работа с различными источниками информации при подготовке к лекциям, семинарам и практическим занятиям, при написании рефератов, конспектов, выполнении домашней работы и др.).

## **Рабочая программа дисциплины**

### *I. Организационно-методический раздел*

Настоящая программа входит в число дисциплин учебного плана специальности «110201 – Агрономия» и рассчитана на 184 часа, из которых 92- аудиторных часа, на лекции отводится 28 часов и 64 часа на семинарские и практические занятия. По специальности «020201 – Биология» программа рассчитана на

130 часов, из которых 78- аудиторных часа, на лекции отводится 36 часов и 42 часа на семинарские и практические занятия.

Целью преподавания органической химии на биологическом и сельскохозяйственном факультетах является подготовка студентов к изучению дисциплин биологического профиля, связанных с вопросами образования и превращения органических соединений в природе. В лекционном курсе рассматриваются закономерности строения и реакционной способности органических веществ, природа органических реакций, общие закономерности органической химии, указывается значение органической химии для агрономии и биологии. Особое внимание уделяется реакциям, аналоги которых встречаются в живой природе. Рассматриваются биологически важные классы органических соединений и их химическая активность.

Основными задачами органической химии являются: изучение реакционной способности веществ в зависимости от их строения; получение веществ с заранее заданными свойствами; изучение закономерностей химических реакций.

В основе органической химии лежит теория химического строения А.М. Бутлерова, дополненная современными представлениями о природе химической связи, стереохимии, представлениями о механизмах химических реакций и взаимном влиянии атомов в молекуле.

При отборе научного материала для лекционного курса следует сохранять равновесие между теорией и фактическим материалом с обязательным рассмотрением важных для биохимии органических веществ, содержащихся в растительных объектах. Особое внимание должно уделяться реакциям, аналоги которых встречаются в живой природе.

## *II. Требования к обязательному минимуму содержания дисциплины, определенные ГОС ВПО*

*Органическая химия.* Разнообразие органических веществ и методы изучения их строения. Теория химического строения органических веществ, понятия об изомерии и гомологии. валентные состояния атома углерода (гибридизация). Природа химической связи в органических веществах. Электровалентная и ковалентная связи и их характеристика. Взаимосвязь между

реакционной способностью органических соединений и их строением. Водородная связь, роль в структурировании биополимеров. Взаимное влияние атомов в молекуле: индукционный и мезомерный эффекты. Классификация органических реагентов и реакций.

Строение, номенклатура, свойства, биологическая роль разных органических соединений. Загрязнение среды и трансформация в природе. Ациклические углеводороды. Алканы, алкены. Алкадиены и алкины. Природные полимеры. Изопреновое звено в природных соединениях. Галогеналканы. Спирты. Роль в обмене веществ. Альдегиды и кетоны. Карбонильные соединения в природе и их биологическая роль. Карбоновые кислоты. Жиры и масла. Роль в организации клеточных мембран. Роль дикарбоновых кислот в обмене веществ. Оксикислоты, их свойства как бифункциональных соединений. Оксикислоты в природе. Аминокислоты. Пептиды и пептидная связь. Белки и их биологическая роль. Углеводы. Моносахариды: строение, изомерия (структурная и конформационная), химические свойства. Дисахариды. Олигосахариды в природе. Полисахариды, строение и функции. Крахмал, гликоген, целлюлоза, их распространение в природе и биологическая роль. Ароматические соединения. правила ориентации. Фенолы. Ароматические амины. Ароматические соединения с конденсированными и неконденсированными ядрами, их биологическое значение. Гетероциклические соединения. Пяти- и шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Их строение и свойства. Природные соединения: гемоглобин, хлорофилл, пигменты желчи. Биологически активные соединения: алкалоиды, витамины группы В. Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пуриновые алкалоиды. Нуклеозиды и нуклеотиды. Полинуклеотиды.

III. Технологическая карта учебного курса *органической химии*.  
 Факультет *СХФ*  
 Кафедра *органической, биологической химии и МПХ*.  
 Семестр 2

Таблица 1

Темы модулей	Всего часов	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		лекции	семинарские занятия	практические занятия	
Модуль 1. 1. Введение. Предмет органической химии. Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Теория гибридизации. Теория электронных смещений.	20	4	4	2	10
2. Алканы. Алкены. Алкины. Диены. Строение, методы синтеза, химические свойства.	44	6	12	4	22
Модуль 2. 3. Ароматические углеводороды. Фенолы, строение, получение, свойства.	36	6	8	4	18
4. Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты.	36	6	8	4	18
Модуль 3. 5. Углеводы. Моносахариды, дисахариды, полисахариды. Гетероциклические соединения. Биологически активные органические соединения в сельском хозяйстве.	48	6	14	4	24
Всего:	184	28	46	18	92
Итоговая форма контроля:	экзамен				



*Технологическая карта учебного курса **органической химии**.  
Факультет **БХФ**  
Кафедра **органической, биологической химии и МПХ**.  
Семестр **3***

Таблица 2

Темы модулей	Всего часов	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		лекции	семинарские занятия	практические занятия	
Модуль 1. 1. Введение. Предмет органической химии. Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Теория гибридизации. Теория электронных смещений.	22	6	4	2	10
2. Алканы. Алкены. Алкины. Диены. Строение, методы синтеза, химические свойства.	26	8	6	2	10
Модуль 2. 3. Ароматические углеводороды. Фенолы, строение, получение, свойства.	26	8	6	2	10
4. Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты.	26	6	8	2	10
Модуль 3. 5. Углеводы. Моносахариды, дисахариды, полисахариды. Гетероциклические соединения.	30	8	8	2	12
Всего:	130	36	32	10	52
Итоговая форма контроля:	экзамен				

## IV. Содержание учебного курса

### Объяснительная записка

Курс органической химии для студентов служит теоретической базой для изучения таких профилирующих предметов, как физиология растений и дисциплины биологического цикла.

Изучение органической химии строится таким образом, чтобы дать студентам необходимые теоретические знания для анализа биохимических процессов и понимания биологических явлений на современном молекулярном уровне. Рассматриваются в наиболее общем виде некоторые теоретические вопросы органической химии, основные классы органических соединений, обращается внимание на биологическую роль органических соединений, их участие в образовании и функционировании биологических структур. При этом главной задачей является раскрытие общих закономерностей свойств органических соединений в зависимости от структуры их молекул.

Органическая химия как учебная дисциплина тесно связана с другими дисциплинами химического и биологического профиля, включенными в учебный план. Фундаментом для рассмотрения материала по органической химии являются курсы неорганической и аналитической химии.

#### 1. Введение.

Предмет органической химии, цели и задачи. Методологические и мировоззренческие аспекты органической химии. Органическая химия в ряду других наук, связь её с биологией и медициной.

#### 2. Теория химического строения органических соединений А.М.Бутлерова.

Основные положения теории. Простейшая и молекулярная формулы. Понятие о структурной формуле. Структурная изомерия и её разновидности. Дальнейшее развитие теории А.М.Бутлерова. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Стереохимия.

### 3. Теория направленных валентностей.

Связь между электронной структурой элементов, их положением в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева, зарядом их ионов и числом ковалентных связей в молекулах или ионах. Примеры изоэлектронных структур (метан, борогидридный и аммонийный ионы, метильный катион, ион гидроксония, аммиак и другие).

Теория гибридизации. Три валентных состояния атома углерода, правила для определения гибридизации атомов в молекуле.

Тетраэдрическая гибридизация. ( $sp^3$ -гибридизация). Распределение электронной плотности в гибридной орбитали. Электронное строение и углы между направлением валентностей в молекулах этана, пропана и других углеводородов. Тетраэдрическая гибридизация атомов азота, кислорода на примерах этилового спирта, метиламина.

Тригональная гибридизация ( $sp^2$ -гибридизация). Модель соединений с двойной связью, схема  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей, углы между направлением валентностей в молекулах этилена, пропилена, бутадиена. Тригональная гибридизация атомов кислорода, азота. Схема  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекулах уксусной кислоты, нитрометана, мочевины и других соединений.

Диагональная гибридизация ( $sp$ -гибридизация). Модель соединений с тройной связью, схема  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекулах ацетилена, аллена, оксида углерода (IY).

Энергия, длина и полярность простой, двойной и тройной связи в этане, этилене и ацетилене. Зависимость значений электроотрицательности и длины ковалентного радиуса от валентного состояния атома углерода. Энергия, длина и полярность связей C - H в алканах, алкенах и алкинах.

#### 4. Классификация органических реакций.

По направлению: присоединение (A), отщепление (E), замещение (S), перегруппировка. По характеру реагирующих частиц: гомолитические ( $S_R$ ,  $A_R$ ) и гетеролитические (нуклеофильные  $S_N$ ,  $A_N$  и электрофильные  $S_E$ ,  $A_E$ ).

Понятие о субстрате и реагенте, радикальных, электрофильных и нуклеофильных частицах. Понятие о моно-, би- и полимолекулярных реакциях.

#### 5. Алканы. (предельные углеводороды).

Гомологический ряд метана. Структурная изомерия (изомерия углеродного скелета), оптическая и конформационная изомерия. Вывод структурных формул. Первичные, вторичные и третичные атомы углерода. Номенклатура алканов: историческая, рациональная, систематическая (ИЮПАК). Углеводородные остатки - алкилы. Нахождение алканов в природе, их промышленное значение.

Методы синтеза алканов. Методы синтеза без изменения углеродного скелета: восстановление алкилгалогенидов активными металлами, гидролиз металлоорганических соединений. Методы синтеза алканов с увеличением углеродного скелета: реакция Вюрца, реакция Кольбе. Синтез с уменьшением углеродного скелета (декарбоксилирование - синтез Дюма). Промышленные способы получения и выделения алканов.

Физические свойства алканов. Агрегатное состояние, закономерности в изменениях температуры кипения и плавления в гомологическом ряду. Переход количественных изменений в качественные.

Химические свойства алканов. Типы превращений, объяснение склонности к радикальным реакциям в условиях фотоллиза и термоллиза.

Реакции замещения. Галогенирование, механизм  $S_R$ , не-селективность реакций. Сравнение устойчивости первичных, вторичных и третичных радикалов. Скорости реакций фторирования, хлорирования, бромирования алканов. Сульфохлорирование. Использование сульфохлоридов для получения мощных

средств. Нитрование. Жидкофазное нитрование (М.И.Коновалов), парофазное нитрование оксидами азота (А.М.Титов).

Окисление. Горение. Окисление алканов с разрывом C - C - связей (получение уксусной кислоты из бутана, синтетических жирных кислот из нефтяных фракций). Окисление n-алканов до спиртов без разрыва C - C - связей. Получение формальдегида из метана.

Отщепление. Дегидрирование алканов.

Расщепление. Крекинг, пиролиз. Цель этих процессов, их значение. Понятие о термическом и каталитическом крекинге.

Изомеризация n-алканов в изоалканы. Применение парафинов.

## **6. Галогенопроизводные алканов.**

Гомологические ряды галогеноалканов (алкилгалогенидов), историческая и систематическая номенклатуры. Изомерия углеродной цепи, положения функциональной группы, оптическая и конформационная. Первичные, вторичные и третичные алкилгалогениды. Электронное строение алкилгалогенидов, индукционный эффект, дипольные моменты, энергия, полярность и поляризуемость связей C - X. Физические свойства.

Способы получения галогеноалканов: из алканов, из спиртов (действием галогеноводородных кислот, галогенозамещенных фторофора и серы), из этиловых и ацетиленовых углеводородов.

Химические свойства. Нуклеофильное замещение ( $S_N$ ). Стадии диссоциации галогеноалканов, ионные пары и сольватация. Примеры реакций (взаимодействие с водными растворами щелочей, спиртами, аминами, солями цианистоводородной кислоты и др.). Механизм реакций  $S_N-2$  и  $S_N-1$ . Стереоспецифичность реакций  $S_N-2$ -типа и отсутствие таковой в реакциях  $S_N-1$ -типа. Сравнение реакционной способности алкилгалогенидов в реакциях  $S_N$ . Конкурирующие реакции дегидрогалогенирования E 1 и E 2. Правило Зайцева. Влияние различных факторов на направление реакции (замещение или отщепление). Взаимодействие галогеноалканов с металлами (реакция Вюрца), цинком,

магнием. Получение реактива Гриньяра, его использование для синтезов. Восстановление галогеноалканов.

### 7. Алкены ( этиленовые углеводороды, олефины).

Гомологический ряд. Структурная изомерия: углеродного скелета и положения функциональной группы. Пространственная изомерия (Z и E). Номенклатура: историческая, рациональная и систематическая .

Способы получения алкинов. Крекинг нефтепродуктов, газы крекинга. Реакции отщепления: дегидрирования алканов, дегидрогалогенирование галогеноалканов, дегидратация спиртов. Дегалогенирование вицинальных дигалогеноалканов. Гидрирование ацетиленовых углеводородов.

Химические свойства алкенов. Сопоставление поляризуемости  $\sigma$  - и  $\pi$  - связей. Алкены как основания Льюиса. Электронное строение этилена и пропилена, схемы  $\sigma$  - и  $\pi$  - связей.

Присоединение. Гидрирование алкенов (гетерогенный катализ), катализаторы. Электрофильное присоединение к алкенам, двухстадийный механизм реакции  $A_E$  (  $\pi$  - и  $\sigma$  - комплексы). Гидрогалогенирование, механизм. Правило Марковникова, объяснение его поляризацией  $\pi$ - связи ( статический фактор) и устойчивостью образующихся в промежуточной стадии карбоновых ионов (динамический фактор). Гидратация алкенов: сернокислотная (А.М.Бутлеров) и каталитическая . Галогенирование алкенов ( $A_E$ ).

Полимеризация. Ступенчатая полимеризация изобутилена. Получение высокооктанового топлива. Цепная полимеризация, стадии процесса. Примеры полимеров.

Окисление. Окисление без разрыва C-C-связей: получение эпоксисоединений, использование их для синтеза гликолей. Реакция Вагнера. Окисление с разрывом C-C -связей. Значение реакций окисления для установления строения алкенов. Озонидное расщепление.

### 8. Алкины (ацетиленовые углеводороды).

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Электронное строение ацетилена, схемы  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. Электроотри-

цательность углерода в ацетилене. Сопоставление поляризуемости двойной и тройной связи. Физические свойства ацетиленовых углеводородов.

Способы получения. Получение ацетилена из карбида кальция, крекингом метана, дегидрогалогенированием вицинальных дигалогенидов, дегалогенирование тетрагалогенидов.

Химические свойства. Кислотные свойства алкинов: получение ацетиленидов натрия, тяжелых металлов, реактива Иодича (магнийорганических соединений). Сравнение кислотных свойств спиртов, ацетилена, этилена, этана. Реакции присоединения к алкинам. Гидрирование алкинов. Реакции  $A_E$ : гидрогалогенирование, гидратация (М.Г. Кучеров). Присоединение цианистоводородной и уксусной кислот. Полимеризация.

#### 9. Алкадиены (диеновые углеводороды).

Классификация и номенклатура. Изомерия. Электронное строение 1,3-бутадиена, схемы  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. неполярный мезомерный эффект ( $\pi, \pi$ -сопряжение). Предельные структуры, мезоформулы с изогнутыми стрелками и выравненными связями, энергия мезомерии.

Методы синтеза диенов с сопряженными связями. Получение 1,3-бутадиена из бутан-бутиленовой фракции крекинг-газов и из этилового спирта (С.В.Лебедев); изопрена (2-метил-1,3-бутадиена) из пентановой фракции нефти.

Химические свойства. Гидрирование диенов активными металлами в присутствии спирта, каталитическое гидрирование. Гидрогалогенирование 1,3-бутадиена ( $A_E$ ). Натуральный каучук. Биологическое значение диенов.

#### 10. Циклоалканы.

Строение. Номенклатура. Изомерия. Конформации циклогексана. Сравнение устойчивости цикла в зависимости от его размера. Терпены. Строение. Представление о строении стероидов. Каротиноиды. ( $\beta$ -каротин). Биологическая роль циклопарафинов.

## 11. Ароматические углеводороды.

Бензол. Молекулярная формула бензола, структурная формула Кекуле, её недостатки, дополнения Кекуле (осцилляция). Понятие об ароматических свойствах бензола. Электронное строение бензола, схемы  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. Данные рентгеноструктурного анализа. Ароматическое сопряжение бензола, вид единой  $\pi$ -молекулярной орбитали, энергия мезомерии (резонанса). Правило ароматичности Хюккеля. Номенклатура, изомерия гомологов.

Методы синтеза: дегидрирование циклоалканов и циклоалкенов, дегидроциклизация алканов, циклотримеризация ацетиленов, получение гомологов по реакции Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола по Фриделю-Крафтсу, алкилирующие реагенты (алкилгалогениды и алкены) - ( $S_E-2$ ). Источники получения ароматических углеводородов в промышленности: уголь и нефть.

Химические свойства. Реакции присоединения: гидрирования, хлорирования. Горение, окисление озоном, контактно-каталитическое окисление в малеиновый ангидрид. Электрофильное замещение в ароматических углеводородах ( $S_E-2$ ). Присоединение электрофильного реагента и образование  $\sigma$ -комплекса через  $\pi$ -комплекс, отщепление протона через  $\pi$ -комплекс и восстановление ароматической системы. Влияние электронодонорных и электроноакцепторных заместителей на скорость и направление реакции. Правило ориентации. Полициклические ароматические соединения: нафталин, антрацен, фенантрен, азулены. Природные соединения на основе фенантрена: алкалоиды, стероиды, витамины, гормоны. Канцерогенные углеводороды каменноугольной смолы (3,4-бензпирен и другие).

## 12. Спирты (алкоголи).

Гомологический ряд одноатомных спиртов. Номенклатура. Изомерия. Первичные, вторичные и третичные спирты. Электронное строение этилового спирта. Схема  $\sigma$ -связей, их полярность.

Физические свойства. Влияние водородных связей на температуру кипения, растворимость в воде.



Способы получения. Окисление алканов, гидролиз галогеноалканов, гидратация алкенов (правило Марковникова). Промышленные способы получения и применения метилового и этилового спиртов.

Химические свойства. Кислотно-основные свойства спиртов. Сравнения кислотных и основных свойств воды, первичных, вторичных и третичных спиртов. Замещения атомов водорода гидроксильной группой на металл, взаимодействие с магнийорганическими соединениями. Замещение гидроксила на галоген ( $S_N2$  для первичных и  $S_N1$  для вторичных и третичных спиртов. ) Дегидратация спиртов. Правило Зайцева. Действие окислителей на первичные, вторичные и третичные спирты. Дегидрирование спиртов.

Биологическая роль высших спиртов - цетилового, церилового, мерицилового. Многоатомные спирты: этиленгликоль, глицерин, эритрит, рибитол, сорбит. Применение глицерина, его биологическая роль.

### 13. Фенолы.

Физические свойства, номенклатура, изомерия. Электронное строение фенола, взаимное влияние ароматического ядра и фенольного гидроксила. Получение фенолов щелочным плавлением сульфокислот и гидролизом алкилгалогенидов. Выделение из каменноугольной смолы.

Химические свойства. Кислотные свойства фенола. Сравнение подвижности гидроксильного водорода в спиртах и фенолах. Отношение спиртов и фенола к водным растворам щелочей. Феноляты, их гидролиз. Реакции  $S_E2$  в ядре (галогенирование, нитрование, сульфирование). Пикриновая кислота. Фенолформальдегидные смолы. Фенольные соединения в природе. Двухатомные и трехатомные фенолы: пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол, оксигидрохинон, флороглюцин. Их биологическое значение, применение. Отношение фенолов к окислителям. Антиоксиданты. Пестициды.

#### 14. Альдегиды и кетоны.

Строение, номенклатура, изомерия. Физические свойства. Электронное строение карбонильной группы.

Способы получения. Окисление и дегидрирование спиртов. Пиролиз кальциевых солей карбоновых кислот. Гидролиз геминальных дигалогеноалканов. Гидратация ацетиленовых углеводородов (М.Г.Кучеров).

Химические свойства. Механизм реакций нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) к карбонильным соединениям: циановодорода, гидросульфита натрия, спиртов, (полуацетали, ацетали, кетали). Присоединение аммиака и его производных (оксимы, гидразоны). Альдольная и кротоновая конденсации. Окислительно-восстановительные реакции. Качественные реакции альдегидов: реакция серебряного зеркала. Взаимодействие с гидроксидом меди (2) и фуксинсернистой кислотой. Полимеризация альдегидов. Применение альдегидов и кетонов. Инсектициды.

#### 15. Карбоновые кислоты и их производные.

Одноосновные насыщенные карбоновые кислоты. Гомологический ряд, строение и номенклатура. Физические свойства.

Получение окислением спиртов, альдегидов, парафинов, гидролизом нитрилов, из алкилгалогенидов с увеличением углеродного скелета, гидролизом жиров и масел.

Электронное строение карбоксильной группы:  $-I_{эф.}$ ,  $+M_{эф.}$  ( $p$ ,  $\pi$  - сопряжение). Взаимное влияние гидроксильной и карбонильной групп.

Химические свойства. Кислотные свойства. Влияние строения радикала и заместителей в цепи на кислотные свойства карбоновых кислот. Соли. Использование солей карбоновых кислот для получения алканов, альдегидов и кетонов. Ангидриды, галогенангидриды кислот, сложные эфиры.

Непредельные карбоновые кислоты. Строение. Химические свойства, общие с предельными кислотами и ненасыщенными углеводородами. Высшие непредельные кислоты: олеиновая, линолевая, линоленовая, арахионовая; их биологическая роль.

Жиры. Распространение жиров в природе. Строение триглицеридов. Химические свойства: омыление, ферментативный гидролиз, гидрогенизация. Прогоркание жиров. Мыла. Дeterгенты. Понятие о фосфатидах.

Дикарбоновые кислоты. Строение. Гомологический ряд. Взаимное влияние двух карбоксильных групп.

Особые свойства: отношение к нагреванию щавелевой, малоновой, янтарной, глутаровой, адипиновой и пимелиновой кислот.

Нахождение в природе, биологическая роль, применение. Нейлон.

Непредельные дикарбоновые кислоты. Малеиновая и фумаровая. Биологическая роль фумаровой кислоты.

## 16. Оксикарбоновые кислоты.

Изомерия и номенклатура. Гликолевая, молочная (  $\alpha$ -оксипропионовая) кислоты. Понятие об основности и атомности оксикислот. Химические свойства оксикарбоновых кислот как бифункциональных производных. Влияние гидроксила в  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - положениях на кислотные свойства. Отношение к нагреванию. Образование циклических сложных эфиров ( лактидов и лактонов).

Оптическая активность оксикислот. Стереохимическая гипотеза Вант-Гоффа и Ле-Беля. Соединения с одним асимметрическим атомом углерода ( глицериновый альдегид, молочная кислота ), знак вращения и конфигурация. Оптические изомеры, рацематы. Проекционные формулы Фишера, D, L - ряды. Оптическая изомерия хлоряблочной и винной кислот: число оптических антиподов, рацематов, мезоформ; диастереомеры. Физические и химические свойства энантиомеров, рацематов и диастереомеров. Способы разделения рацематов на антиподы: самопроизвольное расщепление при кристаллизации (Л.Пастер), биохимический метод, химический (перевод в диастереомеры) и хроматографический.

Распространение в природе, биологическая роль, применение молочной, винной, яблочной, лимонной кислот.

## 17. Углеводы.

Классификация.

### Моносахариды.

Номенклатура. Изомерия моносахаридов. Изомерия, обусловленная наличием альдегидной или кетонной групп. Изомерия, связанная с наличием асимметрических атомов углерода (оптическая изомерия). Число изомеров для оксоформ. Структурные и проекционные формулы, антиподы, диастереомеры. D- и L- ряды, связь с конфигурацией глицеринового альдегида. Кольчато-цепная таутомерия. Мутаротация (схема),  $\alpha$ - и  $\beta$ - формы (аномеры). Число оптических изомеров циклических форм. Изомерия, связанная с наличием пиранозного и фуранозного циклов ( $\delta$ - и  $\gamma$ - оксидных форм). Полуацетальный (гликозидный) гидроксил. Гликозиды. Перспективные формулы Хеуордса. Конформационная изомерия. Понятия о конформациях пиранозного цикла: «кресло» (C) и «ванна» (B). C1- конформации, аксиальные (a) и экваториальные (e) связи. Получение моносахаридов гидролизом дисахаридов и полисахаридов. Циангидриновый синтез.

### Химические свойства.

Реакции карбонильных цепных форм. Присоединение цианистоводородной кислоты (циангидриновый синтез). Окисление: в кислой среде - получение одноосновных (альдоновых) и двухосновных (аровых, сахарных) кислот; в щелочной среде - реакция серебряного зеркала, взаимодействие с реактивом Феллинга. Аскорбиновая кислота. Восстановление альдоз и кетоз в многоатомные спирты. Практическое значение сорбита и ксилита. Взаимодействие с фенилгидразином (получение озазона). Действие щелочей: разбавленных (эпимеризация), концентрированных (осмоление).

Реакции циклических форм (реакции по гидроксильным группам). Сахараты. Свойства полуацетального гидроксила, отличие его от других гидроксильных групп (алкилирование метиловым спиртом в присутствии хлороводорода). Получение и гидролиз гликозидов. Агликоны. Исчерпывающее алкилирование (диметилсульфатом, алкилгалогенидами) и ацилирование

моносахаридов. Сложные эфиры фосфорной кислоты, их биологическое значение. Понятие о спиртовом брожении гексоз.

Дисахариды. Два типа дисахаридов (восстанавливающие и невосстанавливающие).

Мальтоза, целлобиоза, лактоза, их строение. Трегалоза (микоза), сахароза. Инверсия сахарозы. Отличие химических свойств восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов. Мутаротация. Отношение к реактиву Феллинга. Распространение в природе и биологическое значение дисахаридов.

#### Высшие полисахариды

Природные биополимеры, крахмал, образование в растениях, строение крахмала, гликогена, целлюлозы. Гидролиз полисахаридов. Декстрины. Ацетаты и нитраты целлюлозы, их применение. Вискоза. Биологическая роль высших полисахаридов.

### 18. Амины.

Алифатические амины. Изомерия. Номенклатура. Первичные, вторичные и третичные амины, электронное строение. Получение из галогеноалканов (реакция Гофмана), восстановлением нитросоединений. Работы Н.Н.Зинина и М.М.Зайцева.

Химические свойства. Кислотно-основные свойства, сопоставление со свойствами спиртов. Сравнение основных свойств аммиака, первичных, вторичных и третичных алифатических аминов. Алкилирование и ацилирование аминов. Отношение к азотистой кислоте.

Диамины: тетра-, пента-, гексаметилендиамины. Распространение в природе, практическое значение.

Аминоспирты. Этаноламин. Холин (гидроксид триметиллоксэтиламмония). Биологическое значение. Ацетилхолин. Фосфатиды.

Ароматические амины. Электронное строение анилина, пирамидальная гибридизация ( $sp^x$ , где  $2 < x < 3$ ). Сопоставление  $-I_{эф}$  и  $+M$ -эффектов аминогруппы ( $p$ ,  $\pi$ -сопряжение).

Химические свойства ароматических аминов.

Кислотно-основные свойства, сопоставление со свойствами алифатических аминов и аммиака. Влияние заместителей в кольце на основные свойства анилина. Реакции электрофильно-

го замещения ( $S_E 2$ ) в ароматическом ядре: галогенирование (триброманилин), нитрование в концентрированной серной кислоте (м- нитроанилин). Понятие о сульфамидных препаратах.

#### Аминокислоты.

Строение, классификация, номенклатура. Структурная и оптическая изомерия.

Способы получения. Аминирование  $\alpha$ -галогенокислот. Из альдегидов и кетонов. Схема получения аминокислот гидролизом белка.

Физические свойства. Водородные связи в аминокислотах.

Химические свойства. Амфотерность и образование биполярных ионов. Соли (с кислотами и основаниями). Комплексные соли с ионами меди (2). Реакции по карбоксильной группе: образование сложных эфиров, галогеноангидридов, амидов. Реакции по аминогруппе: ацилирование, алкилирование (образование бетаинов), взаимодействие с азотистой кислотой. Дезаминирование  $\alpha$ -аминокислот. Отношение к нагреванию. Лактам-лактимная таутомерия. Понятие о полипептидах. Пептидная связь. Белковые аминокислоты: глицин, аланин, аспарагиновая, глутаминовая кислоты и их амиды, лизин, аргинин, серин, цистеин, фенилаланин, тирозин.

### **19. Гетероциклические соединения.**

Пятичленные гетероциклы. Фуран, тиофен, пиррол: электронное строение, ароматичность, способность к реакциям электрофильного замещения (влияние гетероатома). Образование фурфурола дегидротацией пентоз. Пироксалиновая кислота. Тетрагидрофуран. Пиррол в составе порфиринов. Строение гема и хлорофилла, их физиологические функции.

Индол. Реакции электрофильного замещения. Триптофан и продукты его метаболизма: триптамин, индолилуксусная кислота, серотонин. Индоксил, индиго. Ростовые вещества.

Шестичленные гетероциклы. Пиридин, его электронное строение, ароматичность. Сравнение реакций электрофильного замещения у бензола и пиридина. Взаимодействие пиридина с кислотами. Пиперидин. Никотиновая кислота, никотинамид (

витамин РР). Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксаль, пиридоксол, пиридоксамин).

Циклы с несколькими гетероатомами.

Имидазол и его важнейшие производные: гистидин, гистамин; их биологическая роль. Тиазол. Биотины.

Пиримидин и его производные: цитозин, урацил, тимин. Витамин В<sub>1</sub>.

Пурин и его производные: аденин, гуанин, гипоксантин, ксантин, мочева кислота, кофеин.

N- гликозиды производных пиримидина и пурина. Нуклеозидмоно-, нуклеозидди-, нуклеозидтрифосфаты.

Понятие об алкалоидах гетероциклического ряда: никотин, анабазин, пилокарпин, кониин, лобелин и др.

*V. Тематика лекций*

Таблица 3

Темы лекций	Содержание лекций (основные вопросы)
Введение в курс органической химии	Введение. Предмет органической химии, цели задачи. Методические и мировоззренческие аспекты органической химии. Значение органической химии для биологии. Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Дальнейшее ее развитие. Взаимное влияние атомов в молекуле органических соединений. Индуктивный и мезомерный эффект. Основы стереохимии.
Алканы	Их строение, изомерия, номенклатура. Нахождение алканов в природе, их промышленное значение. Методы синтеза алканов. Химические свойства алканов. Гомеоплярный характер ковалентной связи в алканах. Механизм реакций радикального замещения (галогенирование, сульфохлорирование, нитрование). Сравнение устойчивости первичных, вторичных и третичных алканов. Окисление алканов. Понятие о крекинге нефтепродуктов.
Алкены	Строение, изомерия структурная и геометрическая, номенклатура. Способы получения алкенов. Крекинг нефтепродуктов. Дегидрирование алканов, дегидрогалогенирование

	<p>галогеналканов, дегидратация спиртов. Дегалогенирование вицинальных дигалогеналканов. Гидрирование ацетиленовых углеводородов.</p> <p>Химические свойства алкенов. Электронное строение этилена и пропилена, схема <math>\sigma</math>- и <math>\pi</math>-связей. Электрофильное присоединение к алкенам, двухстадийный механизм реакции. <math>A_E</math> (<math>\pi</math>- и <math>\sigma</math>-комплексы). Правило Марковникова. Гидратация алкенов. Полимеризация алкенов. Реакции окисления.</p> <p>Алкины. Строение, изомерия, номенклатура. Схема <math>\sigma</math>- и <math>\pi</math>-связей ацетилена. Сопоставление поляризуемости двойной и тройной связи. Способы получения.</p> <p>Химические свойства. Ацетилениды. Сравнение кислотных свойств спиртов, ацетилена, этилена и этана. Реакции электрофильного присоединения к алкинам. Олигомеризация алкинов: димеризация (винилацетилен), циклотримеризация (бензол). Применение алкинов.</p>
Алкадиены	<p>Классификация и номенклатура. Электронное строение 1,3-бутадиена, схема <math>\sigma</math>- и <math>\pi</math>-связей. Методы синтеза диенов с сопряженными связями. Особые свойства диенов. Энергия сопряжения. Реакции 1,2 и 1,4-присоединения (<math>A_E</math> -механизм). Понятие о полимеризации диеновых углеводородов с сопряженными связями. Натуральный и синтетический каучук. Сополимеризация. Биологическое значение диенов, полиенов.</p>
Ароматические углеводороды	<p>Их строение. Условия ароматического состояния. Изомерия. Номенклатура. Источники ароматических углеводородов. Устойчивость бензольного ядра к окислению и присоединению. Реакции электрофильного замещения. Влияние электронодонорных и электроноцепторных заместителей на скорость и направление реакции. Правила ориентации. Полициклические ароматические соединения:</p>



	нафталин, антрацен, фенантрен, азулены. Природные соединения на основе фенантрена: алкалоиды, стероиды, витамины, гормоны. Канцерогенные вещества.
Кислородосодержащие органические соединения	Кислородосодержащие органические соединения: спирты, фенолы, альдегиды, кетоны. Их строение и изомерия. Сравнительная характеристика первичных, вторичных и третичных спиртов. Химические свойства спиртов. Фенолы, фенольные соединения в природе. Реакции нуклеофильного присоединения в альдегидах и кетонах.
Карбоновые кислоты и их производные.	Карбоновые кислоты и их производные. Дикарбоновые кислоты, оксикислоты. Их строение и свойства. Оптическая изомерия оксикислот. Жиры, их биологическое значение.
Углеводы.	Углеводы. Классификация, строение. Изомерия моноз. Химические свойства. Дисахариды и полисахариды, строение и свойства. Нахождение в природе. Биологическая роль.
Гетероциклические соединения.	Гетероциклические соединения. Пяти- и шестичленные ароматические гетероциклические соединения: строение, свойства. Конденсированные гетероциклические соединения. Понятие об алкалоидах.

## VI. Практикум

Таблица 4

Темы занятий	Содержание
<i>Занятие 1.</i> Семинар: <u>Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова, ее значение и дальнейшее развитие.</u> (4 часа)	1. Основные положения теории химического строения А.М. Бутлерова, ее значение. 2. Теория гибридизации. Три валентных состояния атома углерода, правила для определения гибридизации атомов в молекуле. а) Тетраэдрическая гибридизация, ( $sp^3$ -гибридизация) Распределение электронной плотности в гибридной орбитали. Электрон-

	<p>ное строение и углы между направлениями валентностей в молекулах этана, пропана и др. углеводородов.</p> <p>б) Тригональная гибридизация (<math>sp^2</math>-гибридизация) Модель соединений с двойной связью, схема <math>\sigma</math> и <math>\pi</math>-связей, углы между направлением валентностей в молекулах этилена, пропилена, бутадиена.</p> <p>в) Диагональная гибридизация (<math>sp</math>-гибридизация). Модель соединений с тройной связью, схема <math>\sigma</math> и <math>\pi</math>-связей в молекулах ацетилена, аллена.</p> <p>г) Энергия, длина и поляризуемость простой, двойной и тройной связи в этане, этилене и ацетилене.</p> <p>3. Теория электронных смещений.</p> <p>а) Индуктивный эффект. Зависимость полярности <math>\sigma</math>-связей от электроотрицательности элементов. Таблица электроотрицательности по Полингу. Два вида индуктивных эффектов: +J, и -J. Зависимость значения J-эффекта от эффективной ЭО заместителей. Затухание индуктивного эффекта по цепи <math>\sigma</math>-связей. Влияние J-эффектов на физические и химические свойства.</p> <p>б) Мезомерный эффект. Перераспределение электронной плотности в системе <math>\pi</math>-связей, стабилизация системы. Неполарный (M) и полярные (+M, -M) эффекты. Типы сопряжения: <math>\pi, \pi</math>; <math>p, \pi</math>; <math>\sigma, \pi</math>. ельные структуры, мезоформулы с изогнутыми стрелками и выравненными связями. Влияние мезомерного эффекта на физико-химические свойства.</p>
<p>Занятие 2. Семинар: <u>Алканы</u> (4 часа)</p>	<p>1. Гомологический ряд метана. Структурная изомерия (изомерия углеродного скелета), конформационная. Вывод структурных формул. Первичные, вторичные и третичные атомы углерода. Номенклатура (историческая, рациональная, систематиче-</p>

	<p>ская (ИЮПАК). Углеводородные радикалы. Алканы в природе.</p> <p>2. Методы синтеза алканов.</p> <p>а) без изменения углеродного скелета: восстановление алкилгалогенидов, гидролиз металлоорганических соединений;</p> <p>б) с увеличением углеродного скелета (реакция Вюрца-Шорыгина, реакция Кольбе);</p> <p>в) с уменьшением углеродного скелета (декарбоксилирование – синтез Дюма);</p> <p>г) промышленные способы получения алканов.</p> <p>3. Химические свойства алканов. Типы превращений, объяснение склонности к радикальным реакциям в условиях фотолиза и термолиза. Механизм реакций <math>S_R</math>. Галогенирование, неселективность реакций. Сравнение устойчивости первичных, вторичных и третичных радикалов. Сульфохлорирование. Использование сульфохлоридов для получения моющих средств. Нитрование. Жидкофазное нитрование (М.И. Коновалов). Окисление. Крекинг. Применение парафинов.</p>
<p><i>Занятие 3.</i> Семинар: <u>Алкены</u>. (4 часа)</p>	<p>1. Гомологический ряд. Структурная изомерия: углеродного скелета и положения функциональной группы. Пространственная изомерия. Номенклатура.</p> <p>2. Способы получения алкенов. Крекинг нефтепродуктов. Реакции отщепления: дегидрирование алканов, дегидрогалогенирование галогеноалканов (мех. <math>E_1</math> и <math>E_2</math>), дегидратация спиртов (мех. <math>E_1</math> и <math>E_2</math>), дегалогенирование вицинальных дигалогеноалканов, гидрирование ацетиленовых углеводородов.</p> <p>3. Химические свойства алкенов.</p> <p>а) Электрофильное присоединение галогенов к алкенам, двухстадийный механизм реакции <math>A_E</math> (<math>\pi</math> и <math>\sigma</math>-комплексы).</p>

	<p>б) Гидрогалогенирование, механизм. Правило Марковникова, объяснение его поляризацей <math>\pi</math>-связи (статический фактор) и устойчивостью образующихся в промежуточной стадии карбониевых ионов (динамический фактор).</p> <p>в) Гидратация алкенов, сернокислотная и каталитическая.</p> <p>г) Окисления алкенов. Окисление без разрыва С-С - связей: получение эпоксисоединений, использование их для синтеза гликолей. Реакция Вагнера. Качественные реакции обнаружения двойной связи. Окисление алкенов с разрывом С-С-связей (окислители). Озонидное расщепление, окисление сильными окислителями. Значение реакций окисления для установления строения алкенов.</p> <p>д) Понятие о реакциях цепной полимеризации. Применение полиэтилена и полипропилена.</p>
<p><u>Занятие 4.</u>  <u>Семинар: Ацетиленовые углеводороды.</u>  <u>(Алкины).</u>  <u>(4 часа)</u></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая формула состава. Гомологический ряд. Изомерия, номенклатура алкинов.</li> <li>2. Получение алкинов из карбида кальция, крекинг метана, дегидрогалогенированием вицинальных дигалогенидов, дегалогенированием тетрагалогенидов.</li> <li>3. Химические свойства.       <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Кислотные свойства алкинов - получение ацетиленидов.</li> <li>б) Реакции присоединения, <math>A_E</math>: гидрогалогенирование, гидратация (М.Г. Кучеров), причина неустойчивости образующихся в промежуточной стадии непредельных спиртов (правило Эльтекова). Присоединение к алкинам цианисто-водородной и уксусной кислот. Нуклеофильное присоединение спиртов.</li> <li>в) Олигомеризация алкинов: димеризация ацетилена (винилацетилен), циклотримериза-</li> </ol> </li> </ol>

	ция (бензол). г) Применение алкинов.
Занятие 5. Контрольная работа №1 (2 часа)	<u>Теоретические представления в органической химии.</u> <u>Углеводороды (алканы, алкены, алкины.)</u>
Лабораторная работа №1. (2 часа)	Получение и свойства углеводородов.
Занятие 6. Семинар: <u>Ароматические углеводороды (арены). Одноядерные ароматические углеводороды.</u> (4 часа)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Молекулярная формула бензола, структурная формула Кекуле, ее недостатки, дополнения Кекуле (осцилляция). Понятие об ароматических свойствах бензола. Электронное строение бензола, схемы <math>\sigma</math> и <math>\pi</math>-связей. Данные рентгеноструктурного анализа. Ароматическое сопряжение в бензоле, вид единой <math>\pi</math>-молекулярной орбитали, энергия мезомерии (резонанса). Правило ароматичности Хюккеля.</li> <li>Методы создания бензольного кольца. Дегидрирование циклоалканов и циклоалкенов, дегидроциклизация алканов, тримеризация ацетилена.</li> <li>Химические свойства. <ol style="list-style-type: none"> <li>Реакции присоединения (гидрирование, хлорирование).</li> <li>Деструктивные процессы: горение, окисление озоном, контактно-каталитическое окисление в малеиновый ангидрид.</li> <li>Электрофильное замещение, механизм <math>S_E^2</math>. Присоединение электрофильного реагента и образование <math>\sigma</math>-комплекса через <math>\pi</math>-комплекс, отщепление протона через <math>\pi</math>-комплекс и восстановление ароматической системы.</li> </ol> </li> <li>Правила ориентации для реакций электрофильного замещения в бензольном кольце. Нарушение симметрии электронного облака при введении заместителя в бензольное</li> </ol>

	<p>кольцо. Заместители первого и второго рода, их классификация. Сопоставление силы -J-и +M - эффектов заместителей первого рода, -J-и -M- эффектов заместителей второго рода.</p>
<p><i>Занятие 7.</i> Семинар: <u>Спирты</u> (алкоголи). (3 часа)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гомологический ряд одноатомных спиртов. Номенклатура. Изомерия. Первичные, вторичные и третичные спирты. Электронное строение этилового спирта. Схема <math>\sigma</math>-связей, их полярность.</li> <li>2. Способы получения. Окисление алканов, гидролиз галогеналканов, гидратация алкенов (сернокислотная и каталитическая. Правило Марковникова), синтез с помощью реактива Гриньяра. Промышленные способы получения метилового и этилового спиртов, их применение.</li> <li>3. Химические свойства спиртов. Сравнение кислотных и основных свойств воды, первичных, вторичных и третичных спиртов. Замещение атома водорода гидроксильной группы на металл, взаимодействие с магниорганическими соединениями. Замещение гидроксила на галоген (<math>S_N^2</math> для первичных и <math>S_N^1</math> для вторичных и третичных спиртов). Дегидрирование спиртов.</li> <li>4. Биологическая роль высших спиртов - цетилового, церилового, мирицилового. Многоатомные спирты: этиленгликоль, глицерин. Эритрит, рибитол, сорбит. Инозиты. Применение глицерина, его биологическая роль.</li> </ol>
<p>Лабораторная работа № 2. (1 час)</p>	<p>Получение и свойства спиртов.</p>
<p><i>Занятие 8.</i> Семинар: <u>Фенолы</u>. (3 часа)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электронное строение фенола, взаимное влияние ароматического ядра и фенольного гидроксила.</li> <li>2. Получение фенолов щелочным плавлением</li> </ol>

	<p>сульфокислот и гидролизом алкилгалогенидов. Выделение из каменноугольной смолы. Метод Сергеева (кумольный метод).</p> <p>3. Химические свойства. Сравнение подвижности гидроксильного водорода в спиртах и фенолах. Влияние заместителей первого и второго рода на кислотные свойства фенолов. Отношение спиртов и фенола к водным растворам щелочей; феноляты, их гидролиз. Реакции <math>S_E^2</math> (галогенирование, нитрование, сульфирование.) Пикриновая кислота. Фенолформальдегидные смолы. Фенольные соединения в природе.</p> <p>Химические средства защиты растений и животных (пестициды).</p>
<p>Лабораторная работа № 3.</p> <p>(1 час)</p>	<p>Получение и свойства фенолов.</p>
<p><i>Занятие 9.</i></p> <p>Семинар: <u>Альдегиды</u> <u>и кетоны.</u></p> <p>(3 часа)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строение, номенклатура, изомерия. Электронное строение карбонильной группы (-I, -M- эффекты), ее влияние на углеводородный остаток.</li> <li>2. Способы получения. Окисление и дегидрирование спиртов. Гидролиз кальциевых солей карбоновых кислот. Гидролиз геминальных дигалогеналканов. Гидратация ацетиленовых углеводородов (М.Г. Кучеров.)</li> <li>3. Химические свойства. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе, механизм <math>A_N</math>. Присоединение циановодорода, гидросульфита натрия, спиртов (полуацетали, ацетали, кетали). Присоединение аммиака и его производных.(окисимы, гидразоны). Альдольная и кротоновая конденсация. Окислительно-восстановительные реакции. Правило А.Н. Попова.</li> <li>4. Качественные реакции альдегидов: реакция серебряного зеркала, взаимодействие</li> </ol>

	<p>с гидроксидом меди (II) и фуксинсернистой кислотой.</p> <p>5. Полимеризация альдегидов. Применение альдегидов и кетонов. Инсектициды.</p>
<p>Лабораторная работа № 4. (1 час)</p>	<p>Получение и свойства альдегидов и кетонов.</p>
<p><i>Занятие 10.</i> Коллоквиум: <u>Карбоновые кислоты.</u> (4 часа)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Сравните кислотные свойства следующих соединений: а) уксусная и хлоруксусная кислоты, пропионовая и β-хлорпропионовая кислоты, б) муравьиная, уксусная, изомасляная, 2,2-диметилпропионовая кислоты.</li> <li>Осуществите следующую цепь превращений: этилен → этан → пропионовая кислота.</li> <li>Используя малоновый эфир получите пропионовую и валериановую кислоты.</li> <li>Какими химическими реакциями можно обнаружить в ацетоне муравьиную кислоту?</li> <li>Сопоставьте кислотные свойства уксусной, гликолевой и щавелевой кислот.</li> <li>Предложите пути осуществления следующих превращений:</li> </ol> <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{ccc} &amp; &amp; \text{O} \\ &amp; &amp;   \\ \text{CH}\equiv\text{CH} &amp; \nearrow &amp; \text{CH}_3-\text{C} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; \text{O} \\ &amp; &amp;   \\ \text{R}-\text{H} &amp; \nearrow &amp; \text{Ca} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; \text{O} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; \text{O} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; \text{CH}_3-\text{C} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; \text{O} \\ &amp; &amp;   \\ \text{CH}_2=\text{CH}_2 &amp; \nearrow &amp; \text{CH}_3\text{COOH} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; \text{O} \\ &amp; &amp;   \\ &amp; &amp; (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5)_m \end{array}</math> </p> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>Особые свойства дикарбоновых кислот. Отношение к нагреванию.</li> <li>Малоновый эфир, его образование и значение для органического синтеза.</li> <li>Получите щавелевую кислоту из формиата натрия. Где находит применение щаве-</li> </ol>



	<p>левая кислота?</p> <p>10. Как, исходя из малонового эфира, можно синтезировать метилянтарную кислоту?</p> <p>11. Дано вещество, имеющее эмпирическую формулу <math>C_4H_6O_4</math>. Оно обладает кислотными свойствами. При взаимодействии его с этиловым спиртом получается новое вещество состава <math>C_8H_{14}O_4</math>. Исследуемое соединение (<math>C_4H_6O_4</math>) при нагревании выделяет оксид углерода (IV) и образует вещество состава <math>C_3H_6O_2</math>, обладающее кислотными свойствами. Установите строение <math>C_4H_6O_4</math>.</p> <p>12. Среди соединений, которые приведены ниже, укажите вещества, существующие в виде оптических изомеров, определите число изомеров, укажите диастереомеры: 1) 2-окси-3-метилбутановая кислота, 2) метилмалоновая кислота, 3) хлоряблочная кислота, 4) <math>\alpha,\beta</math>-диоксимасляная кислота. Какой углерод называют асимметрическим?</p> <p>13. Всегда ли вещество, содержащее два асимметрических атома углерода (хиральных центра), будет оптически активно?</p> <p>14. Как можно получить молочную кислоту, взяв за исходное вещество пропионовый спирт?</p> <p>15. Составьте схемы реакций, происходящих при нагревании следующих кислот: 1) <math>\alpha</math>-оксипропионовой, 2) <math>\beta</math>-оксикапроновой, 3) <math>\gamma</math>-оксивалериановой.</p> <p>16. Оптическая изомерия оксикислот.</p> <p>17. Установление конфигурации молочной кислоты.</p> <p>18. Значение оптической изомерии, способы разделения рацематов.</p>
--	--

Контрольная работа №2 (2 часа)	Кислородсодержащие органические соединения.
<p><i>Занятие 11.</i>          Семинар: <u>«Моносахариды»</u>.          (4 часа)</p>	<p>1. Изомерия моносахаридов:          а) Изомерия, обусловленная наличием альдегидной или кетонной группы.          б) Изомерия, связанная с наличием асимметрических атомов углерода (оптическая изомерия). Число изомеров для оксоформ. Структурные и проекционные формулы, антиподы, диастереомеры. D- и L-ряды, связь с конфигурацией глицеринового альдегида.          в) Кольчато-цепная таутомерия. Мутаротация, <math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>-формы (аномеры). Число оптических изомеров циклических форм. Пиранозные и фуранозные циклы. Полуацетальный (гликозидный) гидроксил. Гликозиды. Перспективные формулы Хеуорзса.          г) Конформационная изомерия, «кресло» (C) и «ванна» (B). C-1-конформации, аксиальные (a) и экваториальные (e) связи. Конформационные эффекты (факторы неустойчивости): аномерный эффект, <math>\Delta^2</math>-эффект.</p> <p>2. Методы получения моносахаридов. Гидролиз дисахаридов, высших полисахаридов. Получение сахаристого вещества А.М. Буглеровым. Циангидриновый синтез.</p> <p>3. <i>Химические свойства.</i>          а) <u>Реакции карбонильных цепных форм</u>. Присоединение цианистоводородной кислоты (циангидриновый синтез). Окисление: в кислой среде - получение одноосновных (альдоновых) и двухосновных (аровых, сахарных) кислот; в щелочной среде - реакция серебряного зеркала, взаимодействие с реактивом Фелинга. Избирательное окисление пероксидом водорода (укорочение цепи моноз). Восстановление альдоз и кетоз в многоатомные</p>

	<p>спирты. Практическое значение сорбита и ксилита. Взаимодействие с фенилгидразином (получение озаонов.) Действие щелочей: разбавленных (эпимеризация), концентрированных (осмоление).</p> <p>б) Реакции циклических форм (реакции по гидроксильным группам). Сахараты. Свойства полуацетального гидроксила, отличие его от других гидроксильных групп (алкилирование метиловым спиртом в присутствии хлороводорода). Получение и гидролиз гликозидов. Агликоны. Исчерпывающее метилирование (диметилсульфатом, алкилгалогенидами) и ацилирование моносахаридов. Сложные эфиры фосфорной кислоты, их биологическое значение.</p> <p>Действие кислот на пентозы (образование фурфурола). Понятие о спиртовом брожении.</p>
<p><i>Занятие 12.</i> Семинар: <u>«Дисахариды. Полисахариды».</u> ( 4 часа)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Два типа дисахаридов (восстанавливающие и не восстанавливающие). Гликозидоглюкозы: мальтоза, целлобиоза, лактоза. Гликозидогликозиды: трегалоза (микоза Д), сахароза. Инверсия сахарозы.</li> <li>2. Отличие химических свойств восстанавливающих и не восстанавливающих дисахаридов. Мутаротация. Отношение к реактиву Фелинга и другие химические свойства, общие с моносахаридами.</li> <li>3. Распространение в природе и биологическое значение дисахаридов.</li> <li>4. Природные биополимеры. Крахмал, образование в растениях, строение. Амилоза и амилопектин, строение цепей. Гидролиз крахмала. Декстрины.</li> <li>5. Гликоген. Инулин. Строение. Биологическое значение.</li> <li>6. Целлюлоза. Содержание целлюлозы и лигнина в древесине. Природные источники целлюлозы. Отличие от строения крахмала. Гидролиз целлюлозы. Гидро-</li> </ol>

	<p>лизный спирт.</p> <p><b>7.</b> Применение целлюлозы и ее производных (нитратов, ацетатов.) Искусственные волокна (вискозное, медно-аммиачное, ацетатное).</p> <p><b>8.</b> Понятие о гемицеллюлозах, пектиновых веществах. Хитин. Гепарин. Гиалуровая кислота. Хондроитинсульфат.</p> <p><b>9.</b> Биологическая роль высших полисахаридов.</p>
<p><i>Занятие 13</i> Контрольная работа №3</p>	Углеводы.
<p>Лабораторная работа №5 (1 час)</p>	Углеводы.
<p><i>Занятие 14.*</i> Семинар: <u>«Аминокислоты»</u>. (3 часа)</p>	<p><b>1.</b> Строение, классификация, номенклатура.</p> <p><b>2.</b> Изомерия аминокислот (структурная и оптическая)</p> <p><b>3.</b> Способы получения: Аминирование <math>\alpha</math>-галогенокислот. Получение из альдегидов и кетонов (Штреккер, Н.Д. Зелинский). Схема получения аминокислот гидролизом белка. Микробиологический синтез аминокислот. Биологическое значение <math>\alpha</math>-аминокислот.</p> <p><b>4.</b> Химические свойства. Амфотерность и образование биполярных ионов. Соли (с кислотами и основаниями). Комплексные соли с ионами меди (II). Реакции по карбоксильной группе: образование сложных эфиров, галогеногидридов, амидов. Декарбоксилирование <math>\alpha</math>-аминокислот. (Образование биогенных аминов). Реакции по аминогруппе: ацилирование, алкилирование (образование бетаинов), взаимодействие с азотистой кислотой. Дезаминирование аминокислот.</p> <p>Отношение к нагреванию <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>, <math>\delta</math>-</p>

	аминокислот. Лактам - лактимная таутомерия. Понятие о полипептидах, пептидная связь. Строение белковых молекул, первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура молекул. Проблемы искусственной пищи.
<u>Занятие 15*</u> : « <u>Биологически активные органические соединения в сельском хозяйстве</u> ». (4 часа)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Значение защиты растений и животных от вредителей, болезней и сорняков. Классификация пестицидов.</li> <li>2. Инсектициды: контактные, кишечные и системные.</li> <li>3. Гербициды. Арилоксикарбоновые кислоты, группа триазина, группа замещенных мочевинов.</li> <li>4. Фунгициды.</li> <li>5. Регуляторы роста растений. Индолилкарбоновые кислоты, кинины, гиббереллины.</li> <li>6. Репелленты.</li> <li>7. Аттрактанты.</li> <li>8. Хемостерилизаторы.</li> <li>9. Простагландины.</li> </ol>
Лабораторная работа № 6.* (1 час)	Разделение аминокислот методом радиальной (круговой) распределительной хроматографии на бумаге.
Тест. (2 часа)	<u>Допуск к экзамену.</u>

\*Только для СХФ, специальность «Агрономия».

### Лабораторная работа №1. «Углеводороды»

**Опыт №1** Получение метана и его свойства.

**Реактивы:** смесь для получения метана - безводный ацетат натрия и прокаленная натронная известь (1 : 2), сильно разбавленный раствор  $\text{KMnO}_4$ , 5-% раствор карбоната натрия, бромная вода (насыщенная), бром.

**Оборудование:** газоотводная трубка, к которой присоединена резиновая трубка длиной 10-12 см со стеклянным наконечником, крышка тигля, кристаллизатор, газометр с кислородом (можно использовать

кислород из кислородной подушки), стеклянный цилиндр или химический стакан (200мл), изогнутая газоотводная трубка.

а) *Получение и горение метана.* В сухую пробирку насыпают смесь для получения метана (высота слоя около 4 см). Размещают смесь так, чтобы образующийся метан мог свободно выходить из пробирки, закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе с небольшим наклоном в сторону пробирки (см рис.1). В штатив ставят две пробирки: одну пробирку со смесью 3 мл разбавленного раствора перманганата калия и 1 мл 5-% раствора карбоната натрия и вторую пробирку с 3 мл бромной воды.

Прогревают сначала всю пробирку, затем сильно нагревают ту ее часть, где находится смесь, начиная от дна пробирки, а затем передвигая горелку дальше, чтобы могли реагировать новые порции смеси. Сначала из пробирки вытесняется воздух, затем начинается выделение метана. Метан поджигают у конца газоотводной трубки, он горит голубоватым, несветящимся пламенем. Вносят в пламя горящего метана фарфоровую крышку от тигля.

Почему на крышке не образуется черного пятна сажи? Напишите уравнения реакций получения метана (из ацетата натрия и гидроксида натрия) и горения метана.

б) *Отношение метана к бромной воде и к водному раствору перманганата калия.*

Вводят газоотводную трубку в пробирку с бромной водой и пропускают в течение 1 мин метан. Исчезает ли окраска бромной воды? Затем пропускают метан через раствор перманганата калия. Что вы наблюдаете? Сделайте вывод об отношении метана к бромной воде и к водному раствору перманганата калия (при комнатной температуре).

в) *Взрыв смеси метана с кислородом.* Взрывоопасной является смесь метана с кислородом в соотношении 1:2 (метан : воздух – 1:10). Нагревают пробирку, в которую помещена смесь для получения метана, конец газоотводной трубки помещают в кристаллизатор с водой. Когда пузырьки газа станут интенсивно выделяться, подводят пробирку, наполненную доверху водой, к отверстию газоотводной трубки и вытесняют воду из 1/3 ее объема метаном или 1/11 в случае использования воздуха. Остальные 2/3 (или 10/11 соответственно) объема пробирки заполняют кислородом из газометра или воздухом, задувая ее в пробирку грушей. Затем отверстие пробирки плотно закрывают большим пальцем и смешивают метан с кислородом, медленно переворачивая пробирку несколько раз. После этого пробирку закрывают полотенцем и подносят ее отверстие к пламени горелки. Происходит взрыв (быстрое сгорание метана в кислороде). Вместо пробирки можно использовать пластмассовые емкости из под шампуня, крема и т.д.

Объясните почему на 1 объем метана нужно брать 2 объема кислорода. Если такое соотношение не соблюдается, взрыва не происходит.

### **Опыт №2** Получение этилена и его свойства.

**Реактивы:** смесь для получения этилена (смесь 96% этилового спирта и концентрированной серной кислоты в объемном отношении 1:2), бромная вода (насыщенная), 2% раствор  $KMnO_4$ , 10 % раствор карбоната натрия.

**Оборудование:** прибор для получения этилена, кипятивники (кусочки битого фарфора), газоотводные трубки с хлоркальциевыми трубками, заполненными кусочками натронной извести, крышки от тиглей.

а) *Реакция этилена с бромной водой.* В сухую пробирку наливают 5 мл смеси для получения этилена (этиловый спирт и концентрированная серная кислота в объемном отношении (1:2). При смешивании этанола с серной кислотой образуется этилсерная кислота - кислый эфир.

Напишите уравнение реакции образования этилсерной кислоты.

В реакционную смесь помещают несколько кипяtilьников (кусочков битого фарфора, кварцевого песка и т.д.) - для равномерного кипения реакционной смеси закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе. В середину газоотводной трубки вставляют хлоркальциевую трубку с натронной известью, помещенной между двумя неплотными ватными тампонами. Натронная известь должна быть в виде кусочков, газообразные вещества должны свободно проходить через нее (в противном случае может быть несчастный случай: если выход для газов закрыт, под их давлением пробка может выскочить и кипящая реакционная смесь, содержащая концентрированную серную кислоту, будет выброшена из пробирки).

В штатив ставят пробирку с 2 мл бромной воды. Пробирку со смесью для получения этилена осторожно нагревают, следя за тем, чтобы вспенивающуюся жидкость не перебросило в хлоркальциевую трубку. Выделяющийся этилен пропускают через бромную воду, которая быстро обесцвечивается (качественная реакция на кратные связи).

Напишите уравнение реакции образования этилена из этилсерной кислоты (реакция идет при температуре около  $170^{\circ}\text{C}$ ). Кроме основной реакции - сернокислотной дегидратации этилового спирта, протекает несколько побочных реакций. Одна из наиболее важных - окислительно-восстановительная. Концентрированная серная кислота при высокой температуре окисляет органическое вещество (в том числе и этанол) до углерода и оксида углерода (IV) - реакционная смесь чернеет. При этом кислота восстанавливается до оксида серы (IV), который может реагировать с бромной водой (и с перманганатом калия) подобно этилену. Поэтому его отделяют от примеси оксида серы (IV). Кислотные оксиды ( $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}_2$ ) поглощаются натронной известью, помещенной в хлоркальциевую трубку.

Этилен реагирует с бромной водой по электрофильному механизму ( $\text{A}_{\text{E}}$ ). Рассмотрите его. Какую роль в этой реакции играет вода?

*б) Реакция этилена с водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера)*



В пробирку наливают 2 мл 2 % раствора перманганата калия, добавляют 0,5 мл 10 % раствора соды и пропускают этилен. Фиолетовая окраска раствора перманганата калия исчезает, образуется хлопьевидный осадок бурого цвета. Если этилен пропускать долго, осадок может раствориться. При окислении этилена в условиях реакции Вагнера образуется двухатомный спирт - этиленгликоль  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ .

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

в) *Горение этилена.* Поджигают этилен у конца газоотводной трубки. Этилен горит светящимся пламенем. Вносят в пламя этилена крышку от тигля.

Объясните, почему на крышке образуется черное пятно. Рассчитайте процентное содержание углерода и водорода в молекуле этилена. Напишите уравнение реакции горения этилена.

### **Опыт №3** Получение и свойства ацетилен.

**Реактивы:** карбид кальция (кусочки), бромная вода (насыщенная), 1%раствор  $\text{KMnO}_4$ , 10 % раствор карбоната натрия, 1%раствор нитрата серебра, 5% раствор аммиака, аммиачный раствор хлорида меди (I).

**Оборудование:** изогнутые газоотводные трубки, короткие прямые газоотводные трубки с оттянутым концом, крышки от тиглей, фильтровальная бумага.

а) *Получение ацетилен и его горение (тяга!).* В пробирку помещают кусочек карбида кальция, приливают около 1 мл воды и сразу же закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец. Поджигают выделяющийся ацетилен у конца газоотводной

трубки. Наблюдают характер пламени. Затем меняют газоотводную трубку: закрывают пробирку, из которой выделяется ацетилен, изогнутой газоотводной трубкой с широким отверстием и снова поджигают ацетилен. Вносят в пламя крышку от тигля. На крышке образуется черное пятно сажи. Напишите уравнение реакций получения ацетилена из карбида кальция и горение ацетилена (полное и неполное сгорание). Вычислите процентное содержание углерода и водорода в ацетилене. Имеет ли ацетилен запах?

б) *Окисление ацетилена перманганатом калия*. В пробирку наливают 1 мл раствора перманганата калия, добавляют такой же объем раствора соды и затем пропускают через полученный раствор ацетилен. Постепенно фиолетовая окраска раствора исчезает, появляется хлопьевидный осадок бурого цвета оксида марганца (IV). При окислении ацетилена образуется смесь веществ, частично происходит полное окисление до оксида углерода (IV).

Напишите уравнение реакции окисления ацетилена перманганатом калия до щавелевой кислоты  $\text{HOOC} - \text{COOH}$ . Подберите коэффициенты.

в) *Получение металлических производных ацетилена - ацетиленидов*. Работа с ацетиленидами требует соблюдения правил техники безопасности. В сухом виде при слабом нагревании или при ударе они взрываются с большой силой, поэтому нельзя полностью высушивать ацетилениды. Особенно опасен в сухом виде ацетиленид серебра.

*Получение ацетиленида меди (I)*. В пробирку наливают 2-3 мл бесцветного аммиачного раствора хлорида меди  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  и пропу-

кают через раствор ацетилен. Раствор окрашивается в красно-бурый цвет, затем выпадает красно-бурый осадок ацетиленида меди (I). Эту очень чувствительную реакцию применяют для обнаружения следов ацетилена, в том числе при санитарной экспертизе воздуха на предприятиях. Смачивают полоску фильтровальной бумаги аммиачным раствором хлорида меди (I) и подносят ее к отверстию пробирки, из которой выделяется ацетилен. Появляется красно-бурое окрашивание. Напишите уравнение реакции образования ацетиленида меди (I). Какие свойства ацетилена проявляются в этой реакции?

*Получение ацетиленида серебра.* В пробирку наливают 2 мл 1 % раствора нитрата серебра и прибавляют по каплям 5 % раствор аммиака до полного растворения образующегося вначале осадка оксида серебра. Через полученный бесцветный раствор пропускают ацетилен. Выпадает желтовато-серый осадок ацетиленида серебра (окраска обусловлена примесями). Осадок отфильтровывают, промывают небольшим количеством воды, отжимают в фильтровальной бумаге, переносят на кусочек сухой фильтровальной бумаги и осторожно нагревают на асбестовой сетке. (Тяга! Защитные очки!) Ацетиленид разлагается со взрывом. Остатки его уничтожают: помещают вместе с фильтровальной бумагой в стакан с водой и добавляют концентрированную соляную или азотную кислоту (1/4 - 1/5 от объема воды). Напишите уравнение реакций получения аммиачного раствора гидроксида серебра и ацетиленида серебра. Будут ли образовывать ацетилениды меди (I) и серебра бутин-1 и бутин-2? Напишите уравнения реакций разложения ацетиленида серебра при нагревании (взрыв) и при действии соляной кислоты.

## Лабораторная работа №2.

### «Спирты»

#### *Опыт №1. Абсолютирование этилового спирта.*

**Реактивы:** этиловый спирт (ректификат), сульфат меди (II) кристаллический.

**Оборудование:** Фарфоровые чашки или тигли.

В маленькую фарфоровую чашку или фарфоровый тигель помещают примерно 1 г кристаллического сульфата меди (II) и прокаливают его в пламени горелки до исчезновения голубой окраски.

В сухую пробирку наливают 2-3 мл этилового спирта-ректификата и вносят в него полученный безводный сульфат меди (II) (белого цвета). Слегка нагревают пробирку и размешивают ее содержимое. (Почему изменяется цвет сульфата меди?) Полученный абсолютный этиловый спирт переливают в сухую пробирку. Его используют для получения алкоголята натрия (опыт №3).

Сколько процентов воды содержится в этиловом спирте-ректификате? Почему воду нельзя удалить перегонкой?

#### *Опыт №2. Высаливание этилового спирта из его водного раствора.*

**Реактивы:** этиловый спирт (ректификат), карбонат калия (или тиосульфат натрия кристаллический).

**Оборудование:** фарфоровые чашки, пипетки, лучинки.

В пробирку наливают 2,5 мл этилового спирта и при встряхивании добавляют 2,5 мл воды. Смесь разогревается; 1-1,5 мл полученного раствора отливают в фарфоровую чашку и подносят к нему зажженную лучинку.

Загорается ли разбавленный этиловый спирт?

К остатку в пробирке добавляют примерно 2 г порошкообразного карбоната калия (или тиосульфата натрия), энергично взбалтывают содержимое пробирки и ставят пробирку в штатив. Через некоторое время в пробирке образуются два слоя. Верхний слой (этиловый спирт) пипеткой переносят в фарфоровую чашку и снова подносят к

нему горящую лучинку. Воспламеняется ли спирт? Затем испытывают на горючесть нижний слой.

Объясните результаты опыта.

### **Опыт №3. Образование и гидролиз алкоголятов натрия.**

**Реактивы:** этиловый спирт (абсолютный), пропиловый (или изопропиловый) спирт, амиловый (или изоамиловый) спирт, металлический натрий, 1% спиртовой раствор фенолфталеина.

**Оборудование:** прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами.

В три сухие пробирки наливают по 2 мл спиртов: в 1-ю абсолютный этиловый, во 2-ю пропиловый, в 3-ю амиловый. В каждую пробирку вносят по кусочку (размером с горошину) очищенного от оксидного слоя металлического натрия. Пробирки закрывают пробками с газоотводными трубками, концы которых оттянуты.

Почему для этого опыта нельзя брать ректификат, а нужно брать абсолютный спирт? Отметьте, в какой пробирке реакция идет наиболее интенсивно и в какой - медленно.

Через 1-2 мин после начала реакции поджигают выделяющийся газ у отверстий газоотводных трубок. Если реакция этанола с натрием сильно замедлится, можно слегка подогреть пробирку.

Напишите уравнение реакции спирта ( $R-OH$ ) с металлическим натрием. Как разрывается  $\sigma$  связь  $O-H$  в этой реакции? Какие свойства спиртов (основные, кислотные) проявляются в реакции с металлическим натрием? Почему спирты реагируют с натрием спокойнее, чем вода?

Добавляют в пробирки по 1 капле раствора фенолфталеина. Изменяется ли окраска индикатора?

Доводят реакцию этанола с натрием до конца. Для этого пробирку осторожно подогревают. На дне пробирки образуется белый твердый этилат натрия. (*Кусочков натрия в пробирке не должно быть!*) Добавляют в пробирку 1-1,5 мл воды и растворяют в ней этилат натрия. Если окраска не появляется, добавляют 1 каплю раствора фенолфталеина.

Напишите уравнение реакции этилата натрия с водой. Объясните, почему появляется окраска с фенолфталеином.

**Опыт №4. Реакции окисления спиртов.**

**Реактивы:** этиловый спирт, изоамиловый спирт, хромовая смесь, перманганат калия, концентрированная серная кислота.

**Оборудование:** пипетки.

а) *Окисление спиртов хромовой смесью.* В две пробирки наливают по 2-3 мл. хромовой смеси и по каплям при встряхивании добавляют 0,5 мл этилового спирта (Осторожно! Смесь сильно разогревается!) а, во вторую 0,5 мл изоамилового спирта. Цвет растворов меняется из оранжевого в зеленый, в пробирке с этиловым спиртом ощущается запах уксусного альдегида, напоминающий запах яблок (нюхать осторожно!), а в пробирке с изоамиловым спиртом специфический запах изовалерианового альдегида.

Напишите уравнение реакции окисления хромовой смесью этилового спирта в уксусный альдегид, а изоамилового спирта - в изовалериановый альдегид. Подберите коэффициенты.

б) *Окисление этилового спирта перманганатом калия. (Тяга!)*

Пипеткой аккуратно не смачивая стенок вносят в сухую пробирку закрепленную в штативе, 5 мл. концентрированной серной кислоты. Затем по стенке другой пипеткой осторожно приливают 5 мл. этилового спирта так, чтобы получилось два слоя. После этого насыпают 1-1,5 г  $\text{KMnO}_4$ . Через несколько минут на границе двух слоев появляются яркие всплывки и ощущается запах уксусного альдегида.

Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид перманганатом калия и подберите к ней коэффициенты.

### Лабораторная работа №3.

#### «Фенолы»

*Опыт №1. Реакции фенола с хлоридом железа (III).*

**Реактивы:** 5 % раствор фенола, 5 % раствор м-крезола, 5 % раствор п-крезола, 5 % раствор хлорида железа (III).

Опыт проводят с каждым из фенолов. В пробирки наливают по 1 мл раствора соответствующего фенола и прибавляют каплю хлорида железа (III). Появляется интенсивное окрашивание: для фенола - фиолетовое, для м-крезола – красно-фиолетовое, для п-крезола – темно-синее.

*Опыт №2. Образование и разложение фенолятов.*

**Реактивы:** фенол, 2 н р-р гидроксида натрия, 2 н р-р карбоната натрия, 2н р-р серной кислоты, 2н р-р гидрокарбоната натрия.

**А.** К 0,1-0,3 г фенола добавляют 1 мл воды, а затем разбавленный раствор щелочи до полного растворения. Из полученных прозрачных растворов при подкислении разбавленной серной кислотой выделяется в осадок исходное вещество.

**Б.** Помещают в две пробирки по 0,2-0,3 г фенола, добавляют при встряхивании в одну из них 1-2 мл водного раствора карбоната натрия, а в другую – такой же объем раствора бикарбоната натрия. Полное растворение фенола в результате образования фенолятов наблюдается лишь в растворе углекислой соли.

*Опыт №3. Бромирование фенола в безводной среде.*

**Реактивы:** фенол, бромная вода.

**Оборудование:** пипетки.

В пробирку помещают 1 мл водного раствора фенола и при встряхивании по каплям прибавляют бромную воду. Раствор обесцвечивается, и выпадает белый осадок. При добавлении избытка бромной воды осадок превращается в желтый. Напишите уравнение реакции бромирования фенола и рассмотрите механизм данного процесса. Сравните легкость бромирования фенола с бензолом и толуолом. Какой продукт образуется при действии избытка бромной воды на 3-бромфенол?

*Опыт №4 Получение и свойства пикриновой кислоты.*

**Реактивы:** фенол, конц. серная кислота, азотная кислота, глюкоза, карбонат натрия.

В пробирке осторожно смешивают 0,5 г фенола с 1,5 мл конц. серной кислотой (тяга), затем смесь нагревают до получения однородной жидкости. Охлажденную жидкость осторожно переливают в пробирку, содержащую 2 мл воды, и постепенно прибавляют дымящую азотную кислоту. Раствор окрашивается в темно красный цвет. Затем смесь нагревают 15 мин на водяной бане и после охлаждения разбавляют равным объемом воды. Выделяются желтые кристаллы пикриновой кислоты.

**Лабораторная работа №4 «Альдегиды и кетоны».**

*Опыт №1. Получение альдегидов и некоторые цветные реакции на них.*

**Реактивы:** этиловый спирт, глицерин, 10% р-р формальдегида, уксусный альдегид, 10% р-р уксусного альдегида, р-р фуксинсернистой ки-



слоты, 10% р-р соляной кислоты, оксид меди (II),  $K_2Cr_2O_7$ , 10% р-р серной кислоты.

**Оборудование:** стаканы, газоотводные трубки, лед, медная проволочка.

а) *Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой.*

В пробирку наливают 1 мл раствора фуксинсернистой кислоты и добавляют несколько капель 10% раствора формальдегида. Пробирку ставят в штатив. Во вторую пробирку к фуксинсернистой кислоте добавляют такое же количество уксусного альдегида и тоже оставляют её, через несколько мин в пробирке с формальдегидом появляется фиолетовая окраска, а в пробирке с уксусным альдегидом розово-фиолетовая окраска. При добавлении к окрашенным растворам 0,5 мл конц. соляной кислоты происходят следующие изменения: окраска в пробирке с формальдегидом переходит в фиолетово-синюю, а в пробирке с уксусным через несколько мин. она исчезает. Объясните результаты опыта. Что собой представляет фуксинсернистая кислота? Почему при добавлении альдегидов к бесцветной фуксинсернистой кислоте появляется окраска?

б) *Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта оксидом меди (II).*

Для получения уксусного альдегида стенки пробирки смачивают этиловым спиртом ( $\cong 1$  мл), нагревают спираль из медной проволоки в пламени горелки до образования на её поверхности черного налета оксида меди(II). Раскаленную до красна спираль опускают в подготовленную пробирку. Уксусный альдегид в небольших количествах пахнет яблоками. Для обнаружения уксусного альдегида приливают 1 мл р-ра фуксинсернистой кислоты. Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид оксидом меди (II).

в) *Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта дихроматом калия.*

В пробирку насыпают 0,5 г дихромата калия, приливают 2 мл 10% р-ра серной кислоты и постепенно при встряхивании – 2 мл этилового спирта. Происходит разогревание смеси и изменение её окраски. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной изогнутой трубкой, конец которой опущен в пробирку-приемник с 2 мл воды. Приемник находится в стакане с ледяной водой. Осторожно нагревают пробирку с реакционной смесью и отгоняют летучие продукты в течении 2-3 мин. Часть полученного водного раствора, содержащего уксусный альдегид, используют для реакции с фуксинсернистой кислотой, вторую для реакции серебряного зеркала (опыт 3а), третью для реакции с гидроксидом меди (II) (опыт 3б). Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид действием дихромата калия в кислой среде. Подберите коэффициенты.

**Опыт №2. Реакция ацетона с гидросульфитом натрия.**

**Реактивы:** нас. р-р гидросульфита натрия ( $\text{NaHSO}_3$ ), ацетон, 10% р-р  $\text{HCl}$ , 10% р-р  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**Оборудование:** стаканы (50мл-100мл), предметные и покровные стекла, лед, микроскоп.

В пробирку наливают 3 мл нас. р-ра гидросульфита натрия и при встряхивании добавляют 1 мл ацетона. Смесь разогревается. При охлаждении её в стакане со льдом выпадает кристаллический осадок. Если осадок сразу не появляется, то вызывают кристаллизацию потиранием стеклянной палочкой о стенки пробирки. Переносят немного кристаллов на предметное стекло и рассматривают под микроскопом.

Напишите уравнение реакции ацетона с гидросульфитом натрия и рассмотрите её механизм  $A_N$ . Будет ли идти реакция если вместо ацетона взять метилэтилкетон или диэтилкетон?

Отфильтровывают кристаллы гидросульфитного производного ацетона и переносят их в 2 пробирки. В 1 приливают – 1 мл 10% р-ра соляной кислоты, в другую – 1 мл 10% р-ра  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Слегка нагревают пробирки и отмечают запах выделяющихся паров (*нюхать осторожно!*). Напишите уравнение этих реакций.

**Опыт №3.** Реакция окисления альдегидов.

**Реактивы:** 40% р-р гидроксида натрия, 1% р-р нитрата серебра, 5% р-р аммиака, 5% р-р формальдегида, 2% р-р сульфата меди (II).

**Оборудование:** баня водяная, термометры.

а) *Окисление формальдегида аммиачным раствором гидроксида серебра (реакция серебряного зеркала).*

Для получения «серебряного зеркала» необходимо сначала вымыть пробирку. Для этого (осторожно!) кипятят в пробирке 1-2 мин. около 5 мл 40 % р-р гидроксида натрия, затем споласкивают дистиллированной водой. В вымытой пробирке готовят аммиачный р-р гидроксида серебра: к 2-3 мл 1% р-ра нитрата серебра прибавляют по каплям при встряхивании 5% р-р аммиака до тех пор, пока образующийся сначала осадок полностью не растворится. Избыток аммиака в растворе снижает чувствительность реакции. К полученному бесцветному раствору прибавляют несколько капель 5% р-ра формальдегида и опускают пробирку на несколько мин. в водяную баню с температурой воды 60-70<sup>0</sup>С. На стенках пробирки постепенно выделяется слой серебра в виде зеркала.

Напишите уравнения реакций: образования аммиачного раствора гидроксида серебра и окисление им формальдегида до муравьиной кислоты. Подберите коэффициенты.

б) *Окисление формальдегида гидроксидом меди (II).*

В пробирку наливают 2 мл 5% р-ра формальдегида, 2 мл 10% р-ра гидроксида натрия и при встряхивании добавляют по каплям 2% р-р сульфата меди (II) до появления исчезающей взвеси. Верхнюю часть жидкости нагревают до начинающегося кипения. Голубая окраска меняется на желтую (осадок), а затем на красную (осадок). Эта

реакция, как и реакция серебряного зеркала, является качественной реакцией на альдегиды.

Какие соединения меди имеют голубую, желтую и красную окраску? Напишите уравнение реакции окисления формальдегида гидроксидом меди (II) в муравьиную кислоту. Подберите коэффициенты.

### *Лабораторная работа № 5.* *«Углеводы».*

**Опыт № 1.** Реакция моносахаридов со щелочным раствором гидроксида меди (II).

**Реактивы:** 1% р-р глюкозы, 10% р-р гидроксида натрия, 5% р-р сульфата меди, 1% р-р фруктозы.

В пробирке смешивают 2 мл 1% раствора глюкозы и 1 мл 10% раствора гидроксида натрия, затем по каплям добавляют 5% раствор сульфата меди. Образующийся вначале голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании растворяется, получается синий прозрачный раствор комплексного алкоголята (сахарата) меди (II).

Эта реакция доказывает присутствие в молекуле глюкозы нескольких гидроксильных групп; она характерна для многоатомных спиртов. Опыт повторяют, но вместо глюкозы используют 1% раствор фруктозы.

Напишите уравнение реакции глюкозы с гидроксидом меди (II).

**Опыт № 2.** Реакции на карбонильные группы в моносахаридах.

**Реактивы:** 1% р-р глюкозы, 10% р-р гидроксида натрия, 5% р-р сульфата меди,

1% р-р фруктозы, реактив Фелинга, 1% р-р нитрата серебра, 5% р-р глюкозы, р-р уксуснокислого фенилгидразина.

**Оборудование:** водяная баня, термометр ( $100^{\circ}\text{C}$ ), микроскоп, пипетки, предметные и покровные стекла.

а) *Окисление моносахаридов гидроксидом меди (II) в щелочной среде.*

В пробирке смешивают 3 мл 1% р-ра глюкозы и 1,5 мл 10% р-ра гидроксида натрия. Затем по каплям при встряхивании добавляют 5% р-р сульфата меди до появления не исчезающей при встряхивании мути. Избыток гидроксида меди (II) мешает реакции, так как при нагревании он теряет воду и превращается в оксид  $\text{CuO}$  черного цвета. Если же гидроксида меди (II) слишком мало, то не связанная им глюкоза при нагревании осмолается, продукты осмоления темного цвета также маскируют реакцию. Содержимое пробирки нагревают до начинающегося кипения так, чтобы нагревалась лишь верхняя часть раствора, а нижняя оставалась для контроля. В нагретой части раствора появляется желтый осадок гидроксида меди (I), вскоре переходящий в красный осадок оксида меди (I). Опыт повторяют, но вместо глюкозы берут 1% р-р фруктозы.

Напишите уравнение реакции окисления глюкозы в глюконовую кислоту гидроксидом меди (II).

б) *Окисление моносахаридов реактивом Фелинга.*

Наливают в две пробирки по 1,5-2 мл растворов моносахаридов: в одну пробирку - 1% р-р глюкозы, в другую - 1% р-р фруктозы. Затем в каждую пробирку добавляют равный объем реактива Фелинга, содержимое пробирок перемешивают и нагревают верхнюю часть раствора до начинающегося кипения. В верхней части жидкости в обеих пробирках появляется желтый осадок гидроксида меди (I), переходящий в красный осадок оксида меди (I), нижняя часть жидкости, которую не нагревали, остается синей.

Реактивом Фелинга пользоваться удобнее, чем гидроксидом меди (II), так как при нагревании смеси его с раствором моносахарида не происходит образования черного осадка оксида меди (II), маскирующего красный цвет осадка оксида меди (I). Реакция с фелинговой жидкостью протекает быстрее и более четко. Этой реакцией широко пользуются для качественного и количественного анализа моносахаридов.

ридов и для отличия восстанавливающих дисахаридов от невосстанавливающих.

Что такое реактив Фелинга? Какое строение имеет этот реактив и как его готовят? Напишите уравнение реакции окисления глюкозы в глюконовую кислоту реактивом Фелинга.

*в) Окисление моносахаридов аммиачным раствором оксида серебра (реакция серебряного зеркала).*

Сначала готовят аммиачный раствор гидроксида серебра (см. Л/р № 4 опыт №3а) из 4-5 мл 1% раствора нитрата серебра. Аммиачный раствор гидроксида серебра делят пополам. К одной части его приливают 1,5 мл 1% раствора глюкозы, к другой - 1,5 мл 1% раствора фруктозы. Обе пробирки нагревают 5-10 мин в водяной бане, нагретой до 70 - 80<sup>0</sup> С. Металлическое серебро в обеих пробирках может выделиться не на стенках пробирок, а в виде темного осадка. Чтобы получить хорошее зеркало, в пробирках предварительно кипятят 40% р-р гидроксида натрия, затем их споласкивают дистиллированной водой.

Напишите уравнения реакций: образования аммиачного раствора гидроксида серебра и окисления D- глюкозы до D-глюконовой кислоты аммиачным раствором гидроксида серебра.

*г) Реакция замещения карбонильного кислорода в моносахаридах (получение озоназов).*

Смешивают в пробирке 2,5 мл 5% р-ра глюкозы и 2,5 мл р-ра уксуснокислого фенилгидразина. Пробирку с реакционной смесью помещают на 20-30 мин в кипящую водяную баню. Выпадает осадок глюкозазона, при встряхивании и охлаждении количество осадка увеличивается. Каплю жидкости с осадком переносят пипеткой на предметное стекло, накрывают покровным стеклом и рассматривают фор-

му иголок, соединенных в снопы. Уксуснокислый фенилгидразин легко гидролизуется, так что в реакцию с глюкозой вступает свободный фенилгидразин.

Напишите уравнения следующих реакций: гидролиз уксуснокислого фенилгидразина, взаимодействие глюкозы с избытком фенилгидразина (три стадии). Какие гексозы дают такой же фенилозазон, как и глюкоза?

### *Опыт № 3. Цветные реакции на моносахариды.*

**Реактивы:** 1% р-р глюкозы, 2% р-р глюкозы, 5% спиртовой р-р  $\alpha$ -нафтола, 2% р-р фруктозы, 1% р-р фруктозы, реактив Селиванова, конц. серная кислота, этиловый спирт.

**Оборудование:** водяная баня, термометр ( $100^{\circ}\text{C}$ ), пипетки.

а) *Реакция Селиванова на кетогексозы.*

В две пробирки наливают по 2 мл реактива Селиванова (раствор резорцина в разбавленной соляной кислоте), затем в одну пробирку прибавляют 2 капли 1% р-ра фруктозы, а в другую - 2 капли 1% р-ра глюкозы. Обе пробирки одновременно помещают в водяную баню с температурой воды  $80^{\circ}\text{C}$  и выдерживают при этой температуре в течение 8 мин. Сравнивают окраску растворов в пробирках с глюкозой и с фруктозой. Объясните опыт.

б) *Реакция Панова на фруктозу.* Опыт проводится параллельно с растворами фруктозы и глюкозы.

В две пробирки наливают по 0,5 мл 2% растворов моноз и по 5 мл смеси этилового спирта и конц. серной кислоты (4мл и 1 мл). Затем в пробирки приливают по 2-3 капли 5% спиртового раствора  $\alpha$ -нафтола. Жидкости перемешивают и нагревают в кипящей водяной бане 5-8

мин. В пробирке с фруктозой появляется интенсивное фиолетовое окрашивание. Глюкоза в условиях опыта окрашивания не дает.

**Опыт № 4.** Реакции дисахаридов по карбонильным группам.

**Реактивы:** 1% р-р сахарозы, 1% р-р мальтозы, 1% р-р лактозы, реактив Фелинга.

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

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

**Опыт № 5.** Гидролиз сахарозы.

**Реактивы:** 1% р-р сахарозы, 10% р-р серной кислоты, реактив Фелинга, гидрокарбонат натрия (сухой).

**Оборудование:** водяная баня, термометр (100° С).

В пробирку наливают 3 мл 1% р-ра сахарозы и прибавляют 1 мл 10% р-ра серной кислоты. Полученный раствор кипятят в течение 5 мин, затем охлаждают и делят на две части. Половину раствора нейтрализуют сухим гидрокарбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями при перемешивании. (*Осторожно, жидкость вспенивается от выделяющегося оксида углерода (IV).*) После нейтрализации (когда прекратится выделение CO<sub>2</sub>) приливают равный объем реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения.



Изменяется ли окраска реакционной смеси?

В другой пробирке нагревают смесь 1,5 мл 1% р-ра сахарозы с равным объемом реактива Фелинга. Сравнивают результаты опыта - реакцию сахарозы с реактивом Фелинга до гидролиза и после гидролиза.

Объясните процесс. Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы.

#### ***Опыт № 6. Кислотный гидролиз крахмала.***

**Реактивы:** 1% крахмальный клейстер, 10% р-р серной кислоты, разб. р-р иода в иодиде калия, 10% р-р гидроксида натрия, индикаторная фенолфталеиновая бумага, реактив Фелинга.

**Оборудование:** конические колбы (50 мл), пипетки, мерные цилиндры (50-10 мл), фарфоровые чашки.

В коническую колбу емкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1% р-ра крахмального клейстера и 3-5 мл 10% р-ра серной кислоты. В 7-8 пробирок или на фарфоровую пластинку наливают по 1 мл очень разб. р-ра иода в иодиде калия, пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой сетке небольшим пламенем горелки. Через 10 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором йода, после встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 10 с и вносят их в последующие пробирки с раствором иода. Отмечают постепенное изменение окраски при реакции с иодом. Изменение окраски происходит в следующем порядке: 1-синяя; 2-сине-фиолетовая, 3-красно-фиолетовая, 4-красновато-бурая, 5-оранжевая, 6-оранжево-желтая, 7-желтая (цвет иода).

После того, как реакционная смесь перестанет давать окраску с иодом, смесь кипятят еще 2-3 мин, после чего ее охлаждают и нейтрализуют 10% раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появления розовой окраски на индикаторной бумаге).

Часть щелочного р-ра переливают в пробирку, смешивают с равным объемом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения.

Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с иодом.

#### *Лабораторная работа № 6.\**

##### *«Разделение аминокислот методом радиальной (круговой) распределительной хроматографии на бумаге».*

**Реактивы:** 5мг аминокислот (глицин, аланин, валин, лизин, фенилаланин), 10% изопропиловый спирт, соляная кислота, растворитель: н-бутанол - уксусная кислота - вода (20:5:25), 0,5% раствор нингидрина, раствор сульфата никеля.

**Оборудование:** чашки Петри, бумага хроматографическая, стеклянные капилляры, пульверизатор, электроплитки (или термостат), циркуль.

Для работы получают смесь аминокислот (неизвестных) и набор известных аминокислот (свидетелей). Перед началом работы необходимо вымыть руки с мылом, чтобы на хроматографической бумаге при опрыскивании раствором нингидрина не проявлялись пятна от рук. Бумагу для хроматографии можно брать и держать лишь кусочками фильтровальной бумаги. Прибор для радиальной хроматографии и вид хроматограммы представлены на рисунке 2.

Из хроматографической бумаги вырезают круг, диаметр которого на 1,5 см больше диаметра чашки Петри. Из центра его циркулем проводят окружность диаметром 1,5-2 см. На окружность на расстоянии 1,5-2 см друг от друга наносят капли (диаметром 2-3 мм) растворов известных аминокислот («свидетелей») и исследуемой смеси. Для каждого раствора должен быть отдельный капилляр. Затем хроматограмму слегка подсушивают и снова наносят капли всех растворов в те

же точки. Эту операцию повторяют 3-4 раза. После приготовления хроматограммы ее подсушивают. В середине круга делают отверстие, куда вставляют фитиль из фильтровальной бумаги. Конец фитиля должен быть такой длины, чтобы касаться растворителя, налитого в чашку Петри, закрывают второй точно такой же по диаметру чашкой, так чтобы бумага была плотно прижата к краям чашки. Это способствует более равномерному радиальному распространению растворителя.

Хроматограмму вынимают из прибора раньше, чем растворитель приблизится к краям круга (на 0,5-1 см). Затем высушивают ее и опрыскивают из пульверизатора раствором нингидрина. При этом он должен лишь смачивать хроматограмму, но не стекать с нее. После этого хроматограмму высушивают теплым воздухом - в термостате или над нагретой электроплиткой; необходимо следить, чтобы бумага не перегрелась и не обуглилась. После высушивания на бумаге проявляются пятна аминокислот, окрашенные в лилово-розовый цвет. Для закрепления пятен на бумаге хроматограмму смачивают раствором сульфата никеля.

Определяют величину  $R_f$ , характерную для каждого вещества ( $R_f$  - коэффициент подвижности по фронту растворителя) Величина  $R_f$  определяется как отношение расстояния, пройденного центром пятна к расстоянию, пройденному фронтом растворителя. Величина  $R_f$  является характеристикой данного соединения, хроматографируемого в данном растворителя и в данных условиях опыта. Сопоставляя величины  $R_f$  аминокислот - свидетелей и аминокислот исследуемой смеси, делают заключение о природе аминокислот в составе изучаемой смеси.

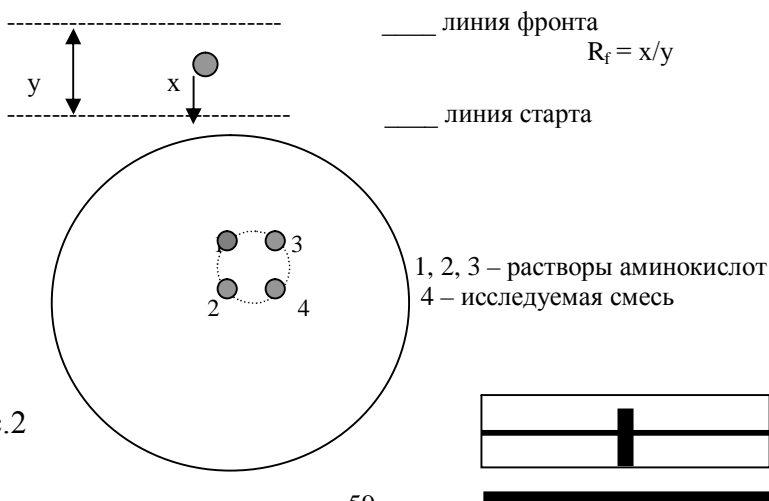


Рис.2

\* Только для СХФ, специальность «Агрономия».

## VII. Глоссарий

*Аксиальный* – пространственное положение заместителя в циклогексановом кольце в форме кресла, связь которого с кольцом направлена перпендикулярно плоскости кольца.

*Алициклический* – циклический, но проявляющий свойства соединений с открытой цепью, в отличие от ароматических соединений.

*Алифатический* – не содержит циклов.

*Алкалоиды* – природные амины, встречающиеся обычно в растениях.

*Алкан* – насыщенный углеводород с открытой цепью.

*Алкен* – ненасыщенный углеводород с открытой цепью, содержащий двойную связь углерод-углерод или, в более широком смысле, любое соединение с двойной углерод-углеродной связью.

*Алкилирование* – реакция введения алкильной группы в молекулу.

*Алкин* – ненасыщенный углеводород с открытой цепью, содержащий тройную связь углерод-углерод.

*Арил* – радикал, полученный из ароматического соединения в результате отщепления одного атома водорода из ароматического кольца.

*Ароматический* – термин, раньше относившийся к бензолу и его производным, а в настоящее время охватывающий все соединения, содержащие особенно устойчивые циклические системы с сопряженными связями.

*Ахиральный* – идентичный своему зеркальному изображению.

*Вторичный атом углерода* – атом углерода, связанный с двумя другими атомами углерода.

*Вулканизация* – процесс придания изготовленным из каучука изделиям необходимой прочности и эластичности путем введения в каучук серы.

*Галогенирование* – реакция замещения атома водорода на атом галогена (фтора, хлора, брома, йода).

*Гетеролитический разрыв связи* – расщепление молекулы с образованием ионов.

*Гибридизация* – математическая комбинация или смешивание орбиталей одного атома с образованием новых орбиталей с отличными геометрическими и энергетическими характеристиками.

*Гомологи* – соединения, сходные по химическим свойствам, состав которых отличается друг от друга, например, на группу  $\text{CH}_2$ .

*Гомолитический распад* – расщепление молекулы органического соединения, в процессе которого образуются две частицы, каждая из которых содержит на внешней оболочке один неспаренный электрон.

*Гомологический ряд* – ряд соединений, в котором каждое последующее соединение отличается от предыдущего соединения на одну метиленовую группу.

*Гомоцепные полимеры* – ВМС, основная цепь которых построена из одинаковых атомов (например, из атомов углерода) – карбоцепные полимеры.

*Гетероцепные полимеры* – ВМС, основная цепь которых построена из двух или большего числа разных элементов (углерода и кислорода, углерода и азота и т.д.).

*Диен* – молекула с двумя двойными углерод-углеродными связями.

*Жир* – сложный эфир глицерина и трех молекул жирной кислоты.

*Жирная кислота* – алифатическая карбоновая кислота, обычно имеющая неразветвленную цепь.

*Заместитель* – группа, входящая в молекулу вместо атома водорода или другой группы.

*Изомеры* – вещества, имеющие одинаковый состав и одинаковую молекулярную массу, но различное строение молекул, а потому обладающие разными свойствами.

*Индуктивный эффект* – электронный эффект, при котором под влиянием какой-либо группы имеет место перемещение электронной плотности по  $\delta$ -связи.

*Ионная полимеризация* – полимеризация, протекающая с образованием либо иона карбония, либо карбаниона, с после-

дующей передачей по цепи положительного или отрицательного заряда.

*ИЮПАК* – Международный союз чистой прикладной химии (IUPAC), который разработал и принял правила химической номенклатуры.

*Карбанион* – отрицательно заряженная частица с восемью электронами на атоме углерода.

*Карбокатион* – положительно заряженная частица с шестью электронами на атоме углерода.

*Карбоксил* – функциональная группа карбоновых кислот (RCOОН), состоящая из карбонильной группы, к атому углерода которой присоединена гидроксильная группа.

*Карбонил* – функциональная группа, состоящая из атома углерода и атома кислорода, связанных двойной связью (C=O).

*Каучуки* – эластичные высокомолекулярные материалы как природного происхождения (натуральный каучук), так и синтетические (бутадиеновый (СКБ), дивиниловый (СКД), нитрильный (СКН), изопреновый (СКИ)).

*Кетон* – карбонильное соединение, в котором углерод карбонильной группы связан с двумя другими атомами углерода.

*Конденсированные циклы* – два кольца, имеющих два общих атома.

*Крекинг* – процесс расщепления углеводородов с длинными цепями на молекулы меньшей длины, происходящий в присутствии катализаторов.

*Комплементарность* – пространственное соответствие структур молекул по принципу «ключ-замок», благодаря взаимодействию между протонодонорными и протоноакцепторными группами в азотистых соединениях и образованию водородных связей.

*Льюиса кислота* – любое соединение, способное присоединить пару электронов (акцептор электронов), принадлежащих атому или группе атомов, и образовать с ним комплементарную связь.

*Льюиса основание* – любое соединение, способное предоставить пару электронов (донор электронов) для образования ковалентной связи с кислотой Льюиса.

*Мезомерный эффект* – электронный эффект, при котором влияние заместителей на распределение электронной плотности передаётся по  $\pi$ -связям.

*Мономер* – молекула низкомолекулярного соединения, вступающего в полимеризацию.

*Мутаротация* – изменение во времени оптической активности растворов многих сахаров.

*Мыло* – соль жирной кислоты с длинной цепью.

*Насыщенные соединения* – соединения, содержащие только одинарные связи углерод – углерод.

*Несыщенные соединения* – соединения, содержащие одну или более двойных или тройных углерод – углеродных связей.

*Нитрил* – соединение, содержащие нитрильную группу (CN), связанную с углеродом.

*Номенклатура* – система названий.

*Нормальный углеводород* – углеводород, имеющий неразветвленную углеродную цепь.

*Нуклеофил* – основание Льюиса, которая осуществляет реакцию замещения, обычно у атома углерода.

*Нуклеофильный реагент* – реагент, который дает электронную пару для вновь возникающей связи.

*Окисление* – реакция, в которой происходит потеря электронов, присоединение кислорода или потеря атомов водорода.

*Олигомеры* – вещества, которые по молекулярной массе и свойствам занимают промежуточное положение между полимерами и мономерами (молекулярная масса от 500 до 5000).

*Омыление* – гидролиз сложного эфира водным раствором основания.

*Орбиталь* – математическое описание реального или возможного положения электрона в молекуле или атоме.

*Пептидные связи* – связи, образуемые в результате взаимодействия карбоксила одной аминокислоты с аминогруппой другой.

*Ориентанты первого рода* – заместители, обладающие положительным индуктивным эффектом или положительным мезомерным эффектом, но отрицательным индуктивным эффектом, способствующие электрофильному замещению в *орто*- и *пара*-положения бензольного кольца.

*Ориентанты второго рода* - заместители, обладающие отрицательным индуктивным эффектом или отрицательными как индуктивным, так и мезомерным эффектами, направляющие электрофильную частицу в *мето*-положение бензольного кольца.

*Первичный атом углерода* – атом углерода, связанный с одним атомом углерода.

*Переходное состояние* – структура с максимальной энергией, через которую должна пройти система реагирующей или реагирующих молекул при переходе от исходного вещества к конечному.

*Полимеры* – высокомолекулярные соединения (ВМС), отличающиеся от низкомолекулярных веществ большой молекулярной массой (свыше 5000 и вплоть до многих миллионов).

*Поликонденсация* – реакция образования ВМС, сопровождающаяся отщеплением простейших веществ: воды, спирта, аммиака, хлористого водорода и др.

*Полиамидные смолы* – синтетические ВМС, содержащие в основной цепи, подобно белкам, амидные (-CO-NH-) группы.

*Поляриметр* – прибор для измерения угла поворота плоскости поляризации плоскополяризованного света.

*Простой эфир* – соединение, образующееся из двух молекул спирта с отщеплением молекулы воды.

*Пространственные эффекты* – стерические эффекты, определяющие доступность реакционных центров в молекуле.

*Рацемическая смесь* – смесь эквимольных количеств двух энантиомеров.

*Реакции механизм* – последовательность стадий, через которые проходит реакция, включая структурные особенности и энергетические характеристики промежуточных соединений и переходных состояний.

*Реакции металенсии* – реакции, при которых происходит последовательное замещение атомов водорода в насыщенных углеводородах атомами галогена.

*Реакции дегидрогенизации (дегидрирования)* – реакции, протекающие при каталитическом отщеплении водорода.

*Реакция этерификации* – реакция образования сложного эфира из кислоты и спирта.



*Рекомбинация* – обрыв макроцепи вследствие соединения между собой свободных радикалов.

*Сложный эфир* – соединение, образующееся при реакции спирта с кислотой с отщеплением молекулы воды.

*Сополимеризация* – процесс совместной полимеризации двух или большего числа различных мономеров.

*Сопряжение* – чередующееся расположение двойных и простых связей, как в бутадиене-1,3.

*Спирт* – вещество, содержащее гидроксильную группу (-ОН) как единственную или основную функциональную группу; фенолы не относятся к классу спиртов.

*Стереизомеры* – изомеры, имеющие одинаковую структурную формулу, но различающиеся расположением атомов в пространстве.

*Стереохимия* – наука, изучающая пространственное строение молекул и влияние этого строения на химические и физические свойства соединений, на направление и скорость их реакций.

*Тетраэдр* – фигура, образованная четырьмя плоскими поверхностями. В правильном тетраэдре этими поверхностями являются равносторонние треугольники.

*Третичный атом углерода* – атом углерода, связанный с тремя другими атомами углерода.

*Углевод* – сахар или производное сахара.

*Углеродный скелет* – последовательность химически связанных между собой атомов углерода.

*Фенол* – вещество, содержащее гидроксильную группу, связанную с ароматическим кольцом.

*Фенолоформальдегидные смолы* – ВМС, образующиеся в результате реакции поликонденсации фенола с формальдегидом.

*Функциональные группы* – атомы или их группировки, во многом определяющие химические и физические свойства органических соединений.

*Хиральный* – не совместимый со своим зеркальным изображением.

*Хлорирование* – реакция замещения атома водорода на хлор.

*Хроматография* – метод разделения, при котором компоненты смеси в жидкой фазе селективно поглощаются стационарной фазой при прохождении через неё жидкой фазы.

*Цепная реакция* – цепь превращений исходных веществ в продукты реакции; при этом вещество, израсходованное на одной стадии, регенерируется на той же или последующей стадии, и, таким образом, реакция продолжается.

*Циклоалкан* – насыщенный циклический углеводород.

*Четвертичный атом углерода* – атом углерода, связанный с четырьмя другими атомами углерода.

*Экваториальный* – пространственное положение заместителя в циклогексановом кольце в форме кресла, связь которого с кольцом находится почти в плоскости кольца.

*Электрофильный реагент* – реагент, который принимает электронную пару для вновь возникающей связи.

*Электронные эффекты* – эффекты, при которых под влиянием заместителей в молекуле смещается электронная плотность.

*Элиминирование* – образование двойной связи из простой или тройной связи из двойной в результате отрыва двух групп от рассматриваемых атомов; реакция отщепления.

*Энантиомеры* – молекулы, являющиеся зеркальными изображениями друг друга и не совместимые друг с другом.

## VIII. Рекомендуемая литература

### Основная литература

1. Грандберг, И.И. Органическая химия./И.И. Грандберг.-М.: Дрофа. 2004г.
2. Петров, А.А. Органическая химия./ А.А. Петров, Х.В, Бальян, А.Т. Трощенко.-С.-Петербург: Иван Федоров, 2003г.
3. Артеменко, А.И. Органическая химия./ А.И. Артеменко.-М.: Высшая школа. 2007г.
4. Поткина, Г.Г.Органическая химия. Методические рекомендации/ Г.Г. Поткина.- Горно-Алтайск, 2002г.
5. Поткина, Г.Г. Углеводороды. Учебное пособие./ Г.Г. Поткина, О.В. Кузнецова.- Горно-Алтайск, 2004г.

**План самостоятельной работы, СХФ специальность «Агрономия».**

Таблица 5

Темы модулей	Кол-во часов	Формы отчетности	Сроки
Тема 1: Электронная теория химической связи.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 2.  В течение последующих трех недель.
Тема 2: Алкины, строение, получение, свойства.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата 3. подготовка к лабораторной работе №1	До начала изучения темы № 3. В течение последующих трех недель.
Тема 3: Диеновые углеводороды. натуральный и синтетические каучуки.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 4. В течение последующих трех недель. До начала изучения темы № 3.
Тема 4: Алициклические углеводороды (циклопарафины и их производные).	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 5.  До начала изучения темы № 4. В течение последующих трех недель.
Тема 5: Многоядерные ароматические углеводороды с конденсированными бензольными ядра-	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 6.  До начала изучения темы № 5.

ми.			В течение последующих трех недель.
Тема 6: Простые эфиры. Строение, свойства, применение.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 7.  В течение последующих трех недель.
Тема 7: Непредельные и ароматические карбоновые кислоты.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 8.  В течение последующих трех недель.
Тема 8: Жиры и мыла. классификация, строение, свойства. применение.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 9. В течение последующих трех недель.
Тема 9: Дисахариды. Строение, свойства. биологическое значение.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 10. В течение последующих трех недель.
Тема 10: Полисахариды. Строение, свойства. Значение.	10	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 11. В течение последующих трех недель.
Тема 11: Амины. Аминоспирты. Аминокислоты. Строение, изомерия, классификация, номенклатура.	10	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	В течение последующих трех недель.

**План самостоятельной работы, БХФ специальность «Биология».**

Таблица 6

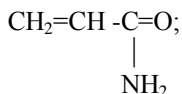
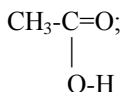
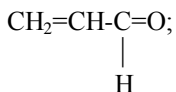
Темы модулей	Кол-во часов	Формы отчетности	Сроки
Тема 1: Электронная теория химической связи.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 2.  В течение последующих трех недель.
Тема 2: Алкины, строение, получение, свойства.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата 3. подготовка к лабораторной работе №1	До начала изучения темы № 3. В течение последующих трех недель.
Тема 3: Диеновые углеводороды. натуральный и синтетические каучуки.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 4. В течение последующих трех недель. До начала изучения темы № 3.
Тема 4: Алициклические углеводороды (циклопарафины и их производные).	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 5.  До начала изучения темы № 4. В течение последующих трех недель.
Тема 5: Многоядерные ароматические углеводороды с конденсированными бензольными ядра-	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 6.  До начала изучения темы № 5.

ми.			В течение последующих трех недель.
Тема 6: Простые эфиры. Строение, свойства, применение.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 7.  В течение последующих трех недель.
Тема 7: Непредельные и ароматические карбоновые кислоты.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 8.  В течение последующих трех недель.
Тема 8: Жиры и мыла. классификация, строение, свойства. применение.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 9. В течение последующих трех недель.
Тема 9: Дисахариды. Строение, свойства. биологическое значение.	4	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 10. В течение последующих трех недель.
Тема 10: Полисахариды. Строение, свойства. Значение.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	До начала изучения темы № 11. В течение последующих трех недель.
Тема 11: Амины. Аминоспирты. Аминокислоты. Строение, изомерия, классификация, номенклатура.	8	1.Выполнение письменной домашней работы. 2.Написание реферата.	В течение последующих трех недель.

## Содержание письменной домашней работы

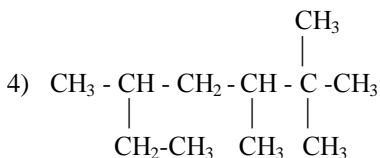
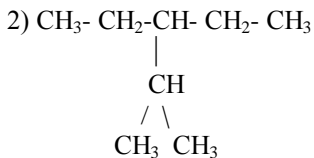
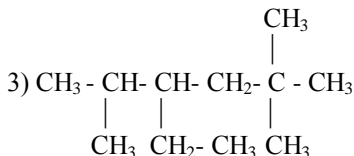
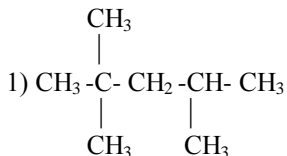
### Модуль № 1: Углеводороды.

1. Поясните с позиций квантово-механических представлений равноценность всех четырех связей в молекуле метана.
2. Что понимают под термином «гибридизация» орбиталей? Каким образом происходит перекрывание орбиталей при образовании  $\sigma$  и  $\pi$  связей? Нарисуйте схемы шести видов  $\sigma$  и трех видов  $\pi$  связей, пользуясь граничными поверхностями атомных орбиталей, участвующих в образовании этих связей. Определите виды, количество связей в молекулах пропилена, метиламина, уксусной кислоты, мочевины, метилацетилена.
3. Какова доля участия s-орбитали в образовании  $sp^3$ -,  $sp^2$  -,  $sp$ - гибридных орбиталей и ее влияние на атомный радиус и электроотрицательность атома углерода?
4. Рассмотрите пространственное строение следующих частиц:  $\text{CH}_3$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ ;  $\text{CH}_3^+$ ;  $:\text{CH}_3^-$ . Приведите структуры, изоэлектронные  $:\text{CH}_3^-$ .
5. Расположите приведенные ниже вещества в порядке убывания значений индукционного эффекта: 1)  $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{COOH}$ , 2)  $\text{CH}_2\text{I} - \text{COOH}$ , 3)  $\text{CH}_2\text{F} - \text{COOH}$ ,  
4)  $\text{CH}_2\text{Cl} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$ , 5)  $\text{CH}_2\text{Br} - \text{COOH}$   
От чего зависит значение индукционного эффекта?
6. Укажите в каких из приведенных ниже соединений заместители проявляют +J и в каких -J эффект: 1)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHCl} - \text{COOH}$ , 2)  $\text{CH}_3 - \text{CHCl} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ , 3)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$ , 4)  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$ , 5)  $\text{O}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ , 6)  $\text{HCOOH}$ , 7)  $\text{CN} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ . Индукционный эффект какого атома принят равным нулю?
7. Определите виды эффектов в молекулах  $\text{CH}_2=\text{CH}_2-\text{Cl}$ ;  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ ;



Опишите строение этих соединений набором предельных (резонансных) структур.

8. Приведите структурные формулы изомеров углеводорода состава  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ , содержащих третичные атомы углерода. Назовите их по рациональной и систематической (ИЮПАК) номенклатурам.
9. Назовите по систематической (ИЮПАК) номенклатуре следующие углеводороды:



**10.** Напишите для углеводорода состава  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  структурную формулу изомера, чтобы в нем был один вторичный атом углерода (остальные любые); изомер, в котором имеется два третичных атома углерода.

**11.** Напишите структурные формулы и назовите по систематической номенклатуре следующие соединения 1) диметилэтилметан, 2) втор-бутилпропилэтилметан, 3) трет-бутилдиэтилметан.

**12.** Напишите уравнения реакций получения по способу Вюрца - Шюрыгина следующих углеводородов: 1) н-бутана, 2) 2,3-диметилбутана.

**13.** Какие вещества образуются при нагревании с натронной известью следующих солей: 1)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COONa}$ ; 2)  $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CH}_2\text{-COONa}$

**14.** Из каких веществ по способу Кольбе можно получить: 1) бутан, 2) 2,3-диметилбутан? Приведите соответствующие схемы реакций. Рассмотрите механизм реакций, происходящих на аноде и катоде.

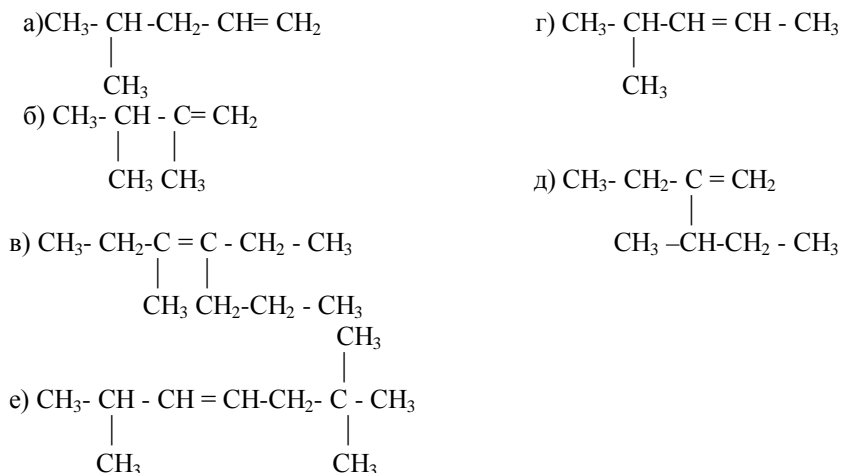
**15.** Напишите уравнение реакции сульфохлорирования пропана. Объясните радикальный ( $\text{S}_\text{R}$ ) механизм этой реакции. Где используются продукты сульфохлорирования?

**16.** Напишите уравнение реакции нитрования по Коновалову изобутана, рассмотрите механизм реакции.

**17.** Напишите структурные формулы следующих соединений: 1) симм-изопропилэтилэтилена, 2) несимм-изопропилэтилэтилена, 3) 3-метилпентена-1, 4) 2,2,5-триметилгексена-3, 5) 2,3-диметилбутена-1, 6) 4,6-диметилгептена-3, 2,3-диметилпентена-1, 8) 2,5-диметилгептена-3. Какие номенклатуры положены в основу этих названий?



**18** Назовите следующие углеводороды по рациональной и систематической номенклатуре:



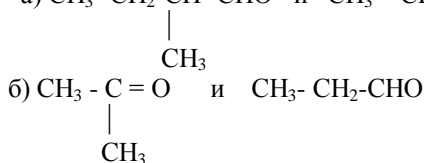
**19.** Какие соединения образуются при нагревании с концентрированной серной кислотой следующих спиртов: 1) пропанола-1, 2) 2,3-диметилбутанола-2? Объясните механизм серноокислотной дегидратации на примере 1.

**20.** Какие углеводороды получаются при нагревании со спиртовым раствором щелочи следующих соединений: 1) 2-бром-2-метилбутана, 2) 1-йодпропана? Напишите уравнения реакций и назовите полученные вещества. Объясните механизмы реакций дегидрогалогенирования ( $E_1$  и  $E_2$ ).

**21.** Объясните механизм электрофильного присоединения ( $A_E$ ) брома и бромоводорода к пропилену, изомерным бутенам и 2-метилпентену-2. Кто впервые обнаружил закономерность присоединения галогеноводородных кислот к этиленовым углеводородам? В чем она заключается и как формулируется?

**22.** Составьте схемы взаимодействия пропилена со следующими веществами: хлорноватистой и серной кислотами, озонем, изобутаном. Назовите продукты реакций и объясните механизм взаимодействия пропилена с первыми двумя веществами.

**23.** Определите строение этиленовых углеводородов, озониды которых при разложении водой образуют следующие соединения:

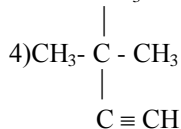
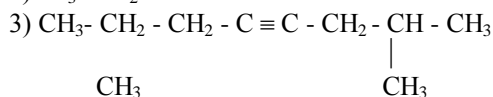
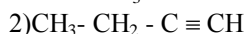
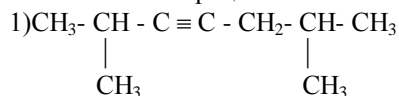


Определите строение алкена, если при окислении его концентрированным раствором перманганата калия получены метилэтилкетон и угольная кислота.

**24.** Определите строение двух углеводородов состава  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ , если известно, что они оба обесцвечивают бромную воду, а при окислении концентрированным раствором перманганата калия один из них образует ацетон и уксусную кислоту, а другой - муравьиную и изомасляную кислоты. Строение углеводородов подтвердите соответствующими уравнениями реакций.

**25.** Приведите общую формулу ацетиленовых углеводородов. Напишите структурные формулы всех изомерных алкинов состава  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ . Назовите их по рациональной и систематической номенклатуре ИЮПАК.

**26.** Назовите по рациональной номенклатуре следующие углеводороды:



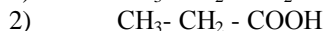
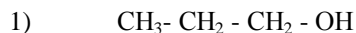
**27.** Какие соединения получают при действии избытка спиртового раствора гидроксида калия на следующие вещества: 1) 1,1-дибромпропан, 2) 2,3-дибромбутан, 3) 3,4-дихлор-2-метилгексан, 4) 1,1-дибром-3-метилбутан? Назовите их по систематической номенклатуре ИЮПАК.

**28.** С помощью каких химических превращений можно отличить бутин-1 от бутин-2?

**29.** Если подействовать водой в условиях реакции Кучерова на следующие углеводороды: 1) метилацетилен; 2) этилацетилен; 3) изопропил-

ацетилен то образуются соответствующие кетоны. Объясните механизм реакции.

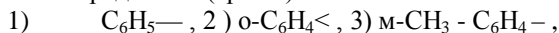
**30.** Приведите схемы взаимодействия пентина-2 со следующими веществами:



**31.** Напишите уравнения реакций полимеризации ацетилена и метил-ацетилена, приводящих к образованию ароматических соединений, укажите условия их осуществления.

*Модуль №2: Ароматические и кислородсодержащие соединения.*

**1.** Напишите структурные формулы и назовите следующие ароматические радикалы (арилы):

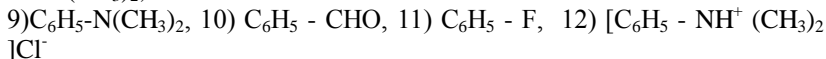
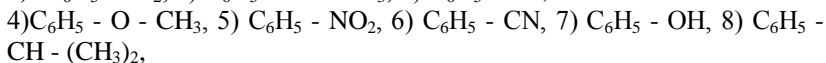
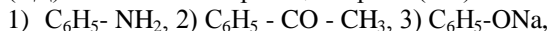


**2.** Составьте структурные формулы гомологов бензола, образующихся при действии металлического натрия на смеси: 1) хлорбензола и трет-бутилхлорида, 2) п-бромтолуола и втор-бутилхлорида. Какие побочные продукты при этом образуются?

**3.** Напишите уравнения реакций получения изопропилбензола (кумола): 1) алкилированием бензола пропиленом (в присутствии минеральной кислоты), 2) алкилированием бензола изопропилхлоридом (в присутствии  $\text{AlCl}_3$ ), 3) по реакции Вюрца - Фиттига. Рассмотрите механизмы всех реакций.

**4.** Рассмотрите механизм электрофильного замещения в молекуле бензола на примерах: 1) нитрования, 2) сульфирования, 3) хлорирования (в присутствии  $\text{Fe Cl}_3$ ). Какие частицы играют роль электрофильного реагента?

**5.** Составьте структурные формулы приведенных ниже соединений и отметьте, в каких случаях заместители проявляют электродонорное (ЭД) и в каких электроакцепторное (ЭА) влияние:



**6.** Составьте схемы реакций мононитрования следующих соединений: 1) фенола, 2) бензосульфокислоты, 3) изопропилбензола, 4) хлорбензола. Расположите эти соединения в порядке уменьшения скорости реакции.

В каких соединениях, приведенных ниже, наблюдается согласованная ориентация заместителей, а в каких - несогласованная: 1) о-нитроанизоле, 2) м-динитробензоле, 3) п-дибромбензоле, 4) о-бромтолуоле, 5) м-крезоле, 6) м-нитробензолсульфонокислоте.

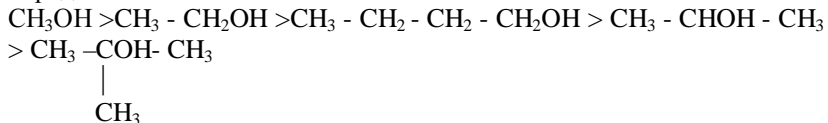
**7.** Приведите структурные формулы изомерных спиртов состава:  $C_4H_{10}O$ . Отметьте среди них первичные, вторичные и третичные спирты. Назовите их по рациональной и современной номенклатуре ИЮПАК.

**8.** Напишите структурные формулы спиртов и назовите их по номенклатуре ИЮПАК: 1) диизопропилкарбинола, 2) пропилизобутилкарбинола, 3) изопропил-третично-бутилкарбинола, 4) диметилэтилкарбинола, 5) метилвинилизопропилкарбинола, 7) диметил-втор-бутилкарбинола.

**9.** Какие спирты образуются при действии водного раствора щелочи на следующие галогенопроизводные: 1) 1-хлор-3-метилбутан, 2) 3-иод-3-метилпентан? Напишите уравнения реакций, разберите их механизм.

**10.** Как получить следующие спирты, используя реакцию гидратации соответствующих олефинов: 1) трет-бутиловый, 2) втор-бутиловый, 3) 2-метилбутанол-2, 4) пентанол-2?

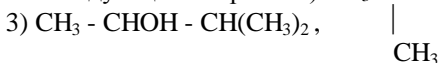
**11.** Относительная кислотность спиртов уменьшается в следующем порядке:



Как можно это объяснить с точки зрения электронной теории?

**6.** Напишите уравнения реакций взаимодействия пропилового спирта: 1) с металлическим натрием, 2) с магнием, 3) с бромоводородом. Охарактеризуйте основные и кислотные свойства спирта.

**12.** Какие этиленовые углеводороды образуются при дегидратации нижеследующих спиртов: 1)  $CH_3 - CHOH - CH_3$ , 2)  $CH_3 - COH - CH_3$ ,



4)  $CH_3 - CH - CH_2 - CH_2OH$  ?



**13.** Установите строение молекулы спирта, имеющего молекулярную формулу  $C_4H_{10}O$ , который при нагревании с серной кислотой образует углеводород  $C_4H_8$  (этот углеводород при озонировании и последующем гидролизе образует уксусный альдегид). Напишите уравнения реакций.

- 14.** Установите строение молекулы спирта состава  $C_5H_{12}O$ , который при дегидратации образует углеводород  $C_5H_{10}$  (этот углеводород при озонировании и последующем разложении озонида водой дает муравьиный и масляный альдегид). Приведите схемы реакций.
- 15.** Напишите структурные формулы следующих веществ: 1) м-крезол, 2) п-нитрофенол, 3) 2,4,6-тринитрофенола (пикриновой кислоты), 4) фенол-2,4-дисульфокислоты, 5) 2,5-диметил-1-оксибензола, 6) 2-метил-5-изопропил-1-оксибензола (карвакрола), 7) 5-метил-2-изопропил-1-оксибензола (тимола), 8) дифенилового эфира, 9) фенола (этилового эфира фенола), 10) м-нитроанизола (м-нитрометоксибензола).
- 16.** Напишите уравнения реакций, лежащих в основе промышленных методов получения фенола: 1) из хлорбензола, 2) из бензолсульфокислоты, 3) из изопропилбензола (кумольный метод Сергеева). Рассмотрите механизмы реакций 1 и 2. Какое преимущество перед другими имеет кумольный метод? Из какой фракции каменноугольной смолы получают фенол?
- 17.** Ниже приведены в произвольном порядке константы кислотности ( $K_a$ ): 1) фенола, 2) этилового спирта, 3) воды, 4) уксусной кислоты, 5) угольной кислоты:  $1,3 \cdot 10^{-10}$ ;  $1,8 \cdot 10^{-16}$ ;  $4,9 \cdot 10^{-7}$ ;  $1,76 \cdot 10^{-5}$ ;  $1,0 \cdot 10^{-18}$ . Какое значение  $K_a$  принадлежит каждому из этих соединений? Чем обусловлены кислотные свойства фенола?
- 18.** Расположите приведенные ниже вещества в порядке уменьшения кислотных свойств: 1) о-крезол, 2) п-бромфенол, 3) 2,4,6-тринитрофенол, 4) фенол. Какое влияние на кислотные свойства фенолов оказывают электроакцепторные и электронодонорные заместители в ароматическом ядре?
- 19.** Напишите уравнение реакции фенола с бромной водой. По какому механизму она идет? Какую роль в ней играет вода? Как влияет бром на кислотные свойства гидроксильной группы?
- 20.** Какие соединения образуются при действии: 1) бромной воды на м-крезол, 2) разбавленной азотной кислоты на о-крезол (при комнатной температуре), 3) серной кислоты на фенол (при 20 и 100<sup>0</sup> C)? По какому механизму идут реакции? Объясните механизмы реакций 2 и 3.
- 21.** Напишите уравнение реакции конденсации фенола с формальдегидом. Рассмотрите механизмы реакций в кислой и щелочной средах. Чем обусловлены электрофильные свойства формальдегида? Чем отличаются по строению и свойствам новолачные смолы от резольных? Как получают резит?
- 22.** У двух- и трехатомных фенолов ароматический характер выражен в меньшей степени по сравнению с фенолом. Это проявляется в склон-

ности к таутомерии. Изобразите таутомерные формы резорцина и флороглюцина.

**23.** Напишите структурные формулы изомерных альдегидов и кетонов состава  $C_5H_{10}O$ . Назовите их по рациональной номенклатуре и номенклатуре ИЮПАК.

**24.** Приведите схему получения пропионового альдегида: 1) из соответствующего спирта, 2) из кальциевых солей карбоновых кислот, 3) из дигалогенопроизводного.

**25.** Объясните с точки зрения электронных представлений уменьшение реакционной способности в реакциях нуклеофильного присоединения ( $A_N$ ) следующих соединений:  $CH_3-CH-CHO > HCHO > CH_3-CHO > CH_3-C-CH_3$ .

$$\begin{array}{ccc} & & | \\ & & Cl \\ & || & \\ & O & \end{array}$$

**26.** Приведите схему реакций Канницаро: 1) для триметилуксусного альдегида, 2) для муравьиного альдегида.

**27.** Какие соединения образуются при взаимодействии уксусного альдегида со следующими веществами: 1) аммиачным раствором оксида серебра, 2) аммиаком, 3) хлоридом фосфора (V), 4) гидразином, 5) гидроксиламином?

**28.** Определите строение соединения состава  $C_5H_{10}O$ , представляющего собой жидкость с температурой кипения  $101,7^\circ C$ . Оно взаимодействует с гидроксиламином, с синильной кислотой дает вещество состава  $C_6H_{11}ON$ , с аммиачным раствором оксида серебра зеркала не образует. При окислении исследуемого вещества получаются уксусная и пропионовая кислоты.

### *Модуль № 3: Углеводы и азотсодержащие соединения.*

**1.** Число оптических изомеров моноз определяют по формуле  $N=2^n$ , где  $n$  - число асимметрических атомов углерода в молекуле. Рассчитайте, сколько существует стереоизомерных альдогексоз.

**2.** При действии на D-глюкозу раствора гидроксида кальция при обычной температуре через 5 дней образуется равновесная смесь эпимеров: D-глюкоза - 63,5%, D-маннозы - 2,5%, D-фруктозы - 31%. Составьте схему этих превращений, учитывая, что они совершаются через енольную форму.

**3.** Какое явление называют мутаротацией? Объясните мутаротацию на примерах D-галактозы, D-рибозы, используя проекционные и перспективные формулы и учитывая, что  $\alpha$  и  $\beta$ -аномеры в равновесной системе

ме находятся в пиранозной форме. Как можно обнаружить мутаротацию?

4. В водном растворе фруктоза мутаротирует. Составьте схему таутомерных превращений D-фруктозы, пользуясь перспективными формулами Хеуорса и учитывая, что в растворе существует как пиранозная, так и фуранозная формы.

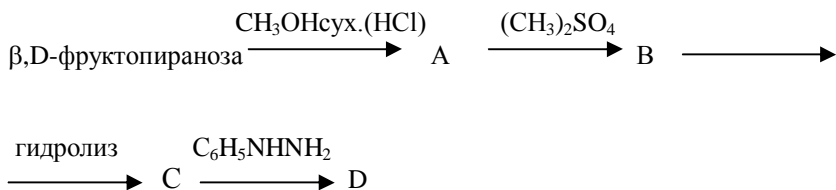
5. Изобразите перспективные формулы (по Хеуорзу) аномеров: 1.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,D-глюкопиранозы, 2.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,D-рибофуранозы, 3.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,L-фруктопиранозы, 4.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,D-фруктофуранозы, 5.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,L-арабинопиранозы, 6.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,D-галактопиранозы, 7.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,D-маннопиранозы, 8.  $\alpha$ - и  $\beta$ ,2-дезоксид-рибофуранозы.

6. В виде каких конформаций могут находиться пиранозные формы моносахаридов? Сколько стабильных конформаций у пиранозного кольца? Напишите конформационную формулу (кресло) пиранозного кольца и отметьте в нем аксиальные (а) и экваториальные (е) связи. В чем сущность факторов неустойчивости ( $\Delta^2$ -эффекта) и аномерного эффекта), характерных для конформаций моносахаридов?

7. Как можно укоротить углеродную цепь в молекуле моносахарида? Составьте схемы реакций, протекающих при превращении D-рибозы в D-эритрозу.

8. Напишите уравнения реакций D-галактозы со следующими веществами: 1. бромной водой, 2. азотной кислотой, 3. синильной кислотой, 4. избытком фенилгидразина, 5. водородом (в присутствии никеля), 6. гидросиламином, 7. гидразином.

9. Составьте уравнения реакций согласно схеме:



10. Изобразите перспективные формулы (по Хеуорзу) следующих дисахаридов:

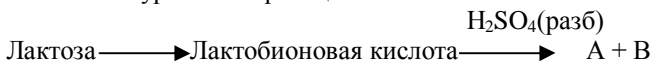
- 1) 1-( $\alpha$ -D-глюкопиранозил) -  $\alpha$ -D-глюкопиранозид (трегалоза),
- 2) 4-( $\alpha$ -D-глюкопиранозил) -D-глюкозы (мальтоза),
- 3) 4 - ( $\beta$  - D-галактопиранозил) - D-глюкозы (целлобиоза),
- 4) 4- ( $\beta$  - D-галактопиранозил) - D-глюкозы (лактоза),
- 5) 2-( $\alpha$ -D-глюкопиранозил) -  $\beta$  - D-фруктофуранозид (сахароза).

Какие из перечисленных дисахаридов относятся к восстанавливающим и какие к невосстанавливающим?

**11.** Напишите уравнение реакций для мальтозы: 1) образование озаона, 2) окисление бромной водой, 3) взаимодействие с гидроксидом меди (II) при нагревании.

**12.** На мальтозу подействовали этанолом в присутствии сухого хлороводорода. К полученному продукту прилили избыток уксусного ангидрида, после чего провели гидролиз. Напишите уравнения происходящих реакций и опишите свойства продуктов, образовавшихся в результате гидролиза.

**13.** Составьте уравнения реакций соответственно схеме:



Назовите продукты гидролиза. Изменяется ли значение угла вращения плоскости поляризации при хранении их водных растворов?

**14.** Гидролиз сахарозы называют инверсией. Разъясните этот термин и напишите соответствующее уравнение реакции.

**15.** Какие промежуточные и какой конечный продукты получают при гидролизе крахмала? Приведите схему его гидролиза.

**16.** Приведите перспективную формулу фрагмента молекулы целлюлозы. Укажите типы связей между остатками глюкозы. В каких веществах растворяется целлюлоза? Что такое амилоид?

**17.** Лютеоза, вырабатываемая одним из видов плесневого гриба, представляет собой линейный полимер, построенный из остатков  $\beta$ -D-глюкопиранозы. Глюкозные остатки связаны  $\beta$ -1,6'-гликозидными связями. Нарисуйте фрагмент молекулы.

**18.** В бурых водорослях встречается полисахарид ламинарин, выполняющий роль энергетического резерва клеток. Основная цепь этого биополимера построена из остатков  $\beta$ -D-глюкопиранозы, соединенных  $\beta$ -1,3'-гликозидными связями. Приведите перспективную формулу фрагмента молекулы ламинарина.

**19.** Макромолекулы инулина, относящегося к группе фруктанов, состоят из остатков  $\beta$ -D-фруктофуранозы, соединенных между собой  $\beta$ -2,1'-гликозидными связями. Приведите перспективную формулу фрагмента молекулы инулина. Инулин выполняет роль пищевого резерва. Степень полимеризации инулина равна примерно 35 моносахаридным остаткам.

**20.** Фруктаны типа флеана, как и инулин, содержатся в злаковых растениях. Флеан построен из остатков  $\alpha$ -D-фруктофуранозы, соединенных  $\alpha$ -2,6' связями. Напишите перспективную формулу фрагмента молекулы флеана.



21. Биополимер хитин является основой кутикулы беспозвоночных. Он представляет собой линейный полимер N - ацетил -β - D-глюкозамина, в котором остатки моноз связаны β -1,4' - гликозидными связями. Напишите фрагмент молекулы хитина?

22. В печени содержится полисахарид гепарин, в линейной цепи которого регулярно чередуются остатки α- (1,5)-D-глюкуроновой кислоты и α- (1,5)-D-глюкозамина, соединенных связями типа α-1,4'. Изобразите перспективную формулу фрагмента молекулы гепарина.

23. Составьте структурные формулы аминокислот: 1) β - аминовалериановой, 2) α-аминоизовалериановой, 3) γ-аминоизокапроновой, ;4) 2-амино-3-метилпентановой, 5)2,5-диаминогексановой, 6)2-аминобутандиовой.

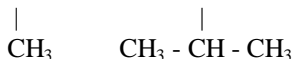
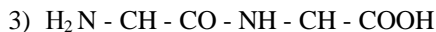
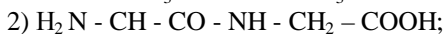
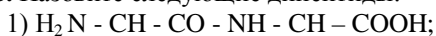
24. α-Аминокислоты могут быть получены: из альдегидов через оксинитрилы, из α-галогензамещенных жирных кислот восстановлением соответствующих α-кетокислот в присутствии аммиака. Напишите уравнения реакций получения этими способами следующих аминокислот: 1) аланина, 2) валина (α-аминоизовалериановой кислоты).

25. Изобразите в виде внутренних солей формулы аминокислот: 1) аминокусусной (глицина), 2) α-аминопропионовой (аланина), 3) аминоянтарной (аспарагиновой), 4) α-аминоглутаровой (глутаминовой). Разберите механизм образования внутренней соли.

26. Как взаимодействуют изомерные аминокислоты состава C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> с азотистой кислотой?

27. Приведите уравнения реакций, происходящие при нагревании изомерных аминокислот состава C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>2</sub>.

28. Назовите следующие дипептиды:



29. Рассмотрите схемы получения следующих дипептидов: 1)глицил-валина, 2)аланил-серина, 3)фенилаланил-лейцина.

### *Темы рефератов*

1. А.М. Бутлеров и теория химического строения органических соединений.
2. Историческое развитие представлений об органических веществах.
3. Классические работы А.М. Бутлерова.
4. Современное значение бутлеровской теории химического строения.
5. Научная деятельность В.В. Марковникова.
6. Стереохимические представления в органической химии.
7. Роль углеводов и их производных в природе.
8. Крахмал и клетчатка в природе и технике.
9. Вклад М.Г. Кучерова в развитие органической химии.
10. История природного каучука.
11. Синтетические каучуки.
12. Жизнь и деятельность С.В. Лебедева.
13. Современная нефтехимия.
14. Синтетические моющие вещества.
15. Химия и медицина.
16. Химическая защита растений и животных.
17. Основные пути развития органической химии в России.
18. Исследования природных веществ прежде и теперь.
19. Физические методы исследования.
20. Настоящее и будущее органической химии.
21. Элементорганические соединения. Их роль в синтезе органических соединений.
22. Биологическое значение азотсодержащих органических соединений.
23. Разнообразие органических веществ и методы изучения их строения.
24. Загрязнение среды органическими соединениями и их трансформация в природе.
25. Жиры и масла. Роль в организации клеточных мембран.
26. Полисахариды, их распространение в природе и биологическая роль.
27. Природные биополимеры.

## Вопросы

*для подготовки к экзамену по органической химии*

1. Теория А.М. Бутлерова. Основные положения теории химического строения А.М. Бутлерова.
2. Теория гибридизации ( $sp^3$ -,  $sp^2$ -,  $sp$ -гибридизация).
3. Теория электронных смещений. Индуктивный эффект. Мезомерный эффект.
4. Классификация органических реакций.
5. Алканы. Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Строение. Получение. Свойства.
6. Алкены. Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Строение. Получение. Свойства.
7. Алкины. Изомерия. Номенклатура. Строение. Получение. Химические свойства.
8. Классификация и номенклатура алкадиенов. Строение диеновых углеводородов с сопряженными связями. Получение. Свойства.
9. Натуральный каучук. Синтетический каучук: СКБ, СКД, СКН, СКИ.
10. Галогеналканы. Номенклатура, изомерия. Строение. Получение. Свойства.
11. Спирты. Изомерия. Номенклатура. Строение. Получение. Свойства. Роль в обмене веществ.
12. Альдегиды и кетоны. Изомерия. Номенклатура. Электронное строение карбонильной группы. Получение. Свойства. Распространение в природе, биологическая роль.
13. Карбоновые кислоты. Строение. Получение. Свойства. Жиры, масла, их роль в организации клеточных мембран.
14. Дикарбоновые кислоты. Получение. Свойства. Синтезы с малоновым эфиром. Роль в обмене веществ.
15. Изомерия и номенклатура оксикарбоновых кислот, получение, свойства. Оптическая изомерия. Оксикислоты в природе.
16. Аминокислоты, строение, номенклатура, изомерия. Получение. Химические свойства. Пептиды и пептидная связь. Белки и их биологическая роль.

17. Углеводы. Моносахариды, изомерия. Получение. Химические свойства. Дисахариды. Олигосахариды в природе. Полисахариды. Биологическая роль.
18. Циклоалканы. Изомерия. Свойства. Получение.
19. Бензол. Ароматичность. Получение. Химические свойства. Ориентация электрофильного ароматического замещения.
20. Ароматические амины. Строение. Свойства.
21. Фенолы. Номенклатура. Строение. Получение. Свойства.
22. Нафталин. Строение. Изомерия. Получение. Свойства.
23. Антрацен. Фенантрен. Биологическая роль.
24. Пятичленные гетероциклы. Электронное строение. Получение. Свойства. Природные соединения: гемоглобин, хлорофилл. Алкалоиды. Витамины группы В.
25. Пиридин. Строение. Свойства.
26. Гетероциклы с несколькими гетероатомами.
27. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пуриновые алкалоиды. Нуклеозиды и нуклеотиды. Полинуклеотиды.
- 28\*. Биологически активные органические соединения. Защита растений и животных от вредителей, болезней и сорняков. Классификация пестицидов.
- 29\*. Инсектициды: контактные, кишечные и системные.
- 30\*. Гербициды. Арилоксикарбоновые кислоты, группа триозина, группа замещенных мочевинов.
- 31\*. Фунгициды.
- 32\*. Регуляторы роста растений. Индолилкарбоновые кислоты, кинины, гиббереллины.
- 33\*. Репелленты.
- 34\*. Аттрактанты.
- 35\*. Хемостерилизаторы.
- 36\*. Простагландины.

\* Только для СХФ специальность «Агрономия».