Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.08.2026 16:48:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ / А.С. Соколов /

«26» февраля 2026 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Органическая химия»

Направление подготовки

**19.03.01 Биотехнология**

**Профиль «Промышленная биотехнология и биоинженерия»**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва, 2026

**Разработчик(и):**

Доцент, к.х.н.  /С.М. Крамер/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой ХимБиотех,
Д-р.с-х.н.  /Н.В. Мясищева/

## Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине……..4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы…….……..5
3. Структура и содержание дисциплины……..5
   3.1. Виды учебной работы и трудоемкость…….5
   3.2. Тематический план изучения дисциплины……..6
   3.3. Содержание дисциплины……...7
   3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий……..12
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение……14
   4.1. Основная литература……14
   4.2. Дополнительная литература……14
   4.3. Электронные образовательные ресурсы……14
5. Материально-техническое обеспечение…….14
6. Методические рекомендации……...15
   6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения…….15
   6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины……...15
7. Фонд оценочных средств……..15
   7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения……15
   7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения……..16
   7.3. Оценочные средства……..17

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

***Цель дисциплины*** *состоит в формировании и развитии у обучающихся личностных и профессиональных качеств, позволяющих обеспечить выполнение требований ФГОС ВО с учетом особенностей научно-образовательной школы Университета и актуальных потребностей рынка труда в кадрах с высшим образованием в соответствии с направлением подготовки:*

*способности применять знания закономерностей органической химии при решении профессиональных задач, умения проводить анализ и обработку научно-технической информации на основе теоретических представлений органической химии; способности выбрать метод диагностики веществ и материалов; умения проведения стандартных измерений и обработки результатов эксперимента;*

*К* ***основным задачам*** *освоения дисциплины «Органическая химия» следует отнести:*

*– получение студентами знаний об основных классах органических соединений; о взаимопревращениях органических веществ, типами реакций, наиболее важными механизмами;*

- *развитие способности к самостоятельной профессиональной работе с химическими реактивами, к эксплуатации современного лабораторного оборудования и научных приборов;*
- *развитие способности и выработка потребности к самостоятельному приобретению знаний по органической химии.*

***Планируемые результаты*** *обучения заключаются формировании у обучающегося способности к изучению, анализу, использованию биологических объектов и процессов, основываясь на знании законов и закономерностей математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях.*

Обучение по дисциплине «Органическая химия» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях | ИОПК-1.1. Знает законы и закономерности математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи<br>ИОПК-1.2. Способен изучать и анализировать биологические объекты и процессы<br>ИОПК -1.3. Владеет навыками использования в профессиональной деятельности биологических объектов и процессов |
| ОПК-7. Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы | ИОПК-7.1. Знает базовые математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы, применяемые в биотехнологии<br>ИОПК-7.2. Владеет основными методами экспериментальных исследований и испытаний в биотехнологии<br>ИОПК-7.3. Готов по заданной методике проводить экспериментальные исследования и испытания, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» Б1.1.16. «Математические и естественно-научные дисциплины» основной образовательной программы бакалавриата.

«Органическая химия» взаимосвязана логически, содержательно и методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В обязательной части модуль «Математические и естественно-научные дисциплины» (Б1.1.16):

– общая и неорганическая химия;
– аналитическая химия и физико-химические методы анализа;
− физическая химия;
− биохимия;
− коллоидная химия;
– химия биологически активных веществ.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

Очная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | 3 |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **144** | **54** | **90** |
| | В том числе: | | | |
| 1.1 | Лекции | 52 | 26 | 26 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 20 | 10 | 10 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | 72 | 18 | 54 |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **72** | **36** | **36** |
| | В том числе: | | | |
| 2.1 | промежуточное тестирование | 20 | 8 | 12 |
| 2.2 | выполнение домашних работ (заданий по вариантам) | 30 | 20 | 10 |
| | подготовка к лабораторным работам | 22 | 8 | 14 |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | | зачет | экзамен |
| | **Итого** | **216** | | |

**3.2 Тематический план изучения дисциплины**

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| 1 | **Раздел 1. Теоретические основы органической химии** | | | | | | |
| 1.1 | Тема 1.1.Теория химического строения им. А.М. Бутлерова | 8 | 4 | 2 | | | 2 |
| 1.2 | Тема 1. 2. Химическое строение органических соединений | 6 | 2 | 2 | | | 2 |
| 1.3 | Тема 1.3. Взаимное влияние атомов в молекулах | 6 | 2 | 2 | | | 2 |
| 2 | **Раздел 2. Техника безопасности при работе в химической лаборатории** | 6 | | | 4 | | 2 |
| 3 | **Раздел 3. Предельные углеводороды** | | | | | | 2 |
| 3.1 | Тема 3.1. Алканы | 8 | 4 | | 2 | | 2 |
| 3.2 | Тема 3.2. Циклоалканы | 4 | 2 | | | | 2 |
| **4** | **Раздел 4. Непредельные углеводороды** | | | | | | |
| 4.1 | Тема 4.1. Алкены и алкадиены | 14 | 6 | 2 | 4 | | 2 |
| 4.2 | Тема 4.2. Алкины | 6 | 2 | | 2 | | 2 |
| **5** | **Раздел 5. Ароматические углеводороды** | 8 | 2 | 2 | 4 | | 2 |
| 6 | **Раздел 6. Галогенопроизводные углеводородов** | 6 | 2 | 2 | | | 2 |
| 7 | **Раздел 7. Кислородосодержащие органические соединения** | | | | | | |
| 7.1 | Тема 7.1. Спирты и фенолы | 16 | 4 | 2 | 6 | | 4 |
| 7.2 | Тема 7.2. Альдегиды и кетоны | 14 | 2 | | 6 | | 4 |
| 7.3 | Тема 7.3. Карбоновые кислоты | 14 | 2 | 2 | 6 | | 4 |
| 8 | **Раздел 8. Азотсодержащие соединения** | | | | | | |
| 8.1 | Тема 8.1. Нитросоединения | 10 | 2 | | 4 | | 4 |
| 8.2 | Тема 8.2. Амины | 12 | 2 | 2 | 4 | | 4 |
| 8.3 | Тема 8.3. Аминокислоты | 12 | 2 | 2 | 4 | | 4 |
| **9** | **Раздел 9. Углеводы** | 14 | 4 | | 6 | | 4 |
| **10** | **Раздел 10. Гетероциклические соединения** | 14 | 4 | | 4 | | 6 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **11** | **Раздел 11. Тема 5. Методы очистки органических веществ** | | | | | | |
| 11.1 | Тема 11.1. Методы очистки твёрдых и жидких веществ. Перегонка | 14 | 2 | | 8 | | 4 |
| 11.2 | Тема 11.2. Перекристаллизация. Фильтрование. Возгонка | 10 | 2 | | 6 | | 2 |
| | **Итого** | 216 | 52 | 20 | 72 | | 72 |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Раздел 1. Теоретические основы органической химии**

**Тема 1.1. Теория химического строения им. А.М. Бутлерова.** Предмет органической химии. Основные положения теории химического строения органических соединений (А. М. Бутлеров).

Изомерия молекул органических веществ: структурная и пространственная (понятие хиральности, R,S-номенклатура, формулы Фишера, понятие о энантиомерах, диастереомерах, рацемате и мезо-форме).

**Тема 1.2. Химическое строение органических соединений**. Электронное строение органических соединений. Качественные электронные представления.

Расчет формального заряда атомов в молекуле**.** Квантово-механические представления в органической химии. Строение атома углерода. Валентные состояния гетероатомов в органических веществах. Понятие электронной плотности и орбиталей, их типы и гибрибизация. Строение электронной оболочки атомов, понятие валентных электронов. Типы химических связей в органических соединениях: ионная, ковалентная (полярная и неполярная; $\sigma$- и $\pi$-связи).

**Тема 1.3. Взаимное влияние атомов в молекулах.** Электронные эффекты заместителей (индуктивный и мезомерный; эффект сопряжения) и их совместное действие. Особенности электронного строения сопряженных систем. Понятия основности и кислотности: кислоты Бренстеда и Льюиса; сила кислот и оснований. Понятие о механизмах реакций, классификация реагентов и реакций в органической химии.

**Раздел 2. Техника безопасности при работе в химической лаборатории. Лабораторная посуда.** Общие правила нахождения и работы в лаборатории. Правила работы с пробирками. Правила работы со спиртовыми горелками. Правила утилизации отходов кислот, щелочей, органических растворителей и легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Правила работы с кислотами и щелочами, правила их нейтрализации и обработки ожогов. Устройство и правила работы с вытяжным шкафом. Правила хранения и работы со щелочными металлами. Правила тушения возгораний различной природы. Правила работы с приборами, находящимися под вакуумом. Правила хранения и работы с ЛВЖ. Правила работы с хлорорганическими соединениями, бромом, бензолом и метанолом. Правила работы со ртутью и правила её утилизации.

Виды посуды, используемой в химической лаборатории (стеклянная, фарфоровая, пластиковая). Правила мытья лабораторной посуды. Шлифы (керн, муфта) и их основные размеры. Назначение различной посуды в химической лаборатории: пробирки, стаканы, колбы (круглодонные, плоскодонные, грушевидные, конические, Вюрца), переходники,

чашки Петри, воронки (наливные, насыпные, капельные, делительные), фильтры (стеклянные, фарфоровые), холодильники, дефлегматоры, хлоркальциевые трубки, алонжи.

**Раздел 3. Предельные углеводороды**

**Тема 3.1. Алканы.** $sp^3$-гибридизация атома углерода в алканах. Изомерия, гомологический ряд алканов, его общая формула и номенклатура ИЮПАК. Понятие первичного, вторичного, третичного и четвертичного атомов углерода. Радикалы (алкилы): определение и названия.

Способы получения алканов: из непредельных углеводородов, галогенпроизводных, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот.

Химические свойства алканов: реакции радикального замещения (механизм реакции галогенирования; сульфогалогенирование, сульфоокисление, нитрование; соотношение продуктов реакции), реакции окисления и дегидрирования.

**Тема 3.2. Циклоалканы.** $sp^3$-гибридизация атома углерода в циклоалканах. Изомерия, гомологический ряд циклоалканов, его общая формула и номенклатура ИЮПАК. Строение молекул циклопропана (угловое напряжение Байера, понятие банановых связей) и циклогексана (конформации молекулы, аксиальные и экваториальные заместители).

Способы получения циклоалканов: из циклических предшественников (из непредельных углеводородов, галогенпроизводных, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот) и ациклических предшественников (внутримолекулярная реакция Вюрца, пиролиз солей дикарбоновых кислот, реакция Дильса-Альдера).

Химические свойства циклоалканов: реакции радикального замещения (галогенирование; сульфогалогенирование, сульфоокисление, нитрование; соотношение продуктов реакции), раскрытия цикла, реакции окисления и дегидрирования.

**Раздел 4. Непредельные углеводороды**

**Тема 4.1. Алкены и алкадиены.** $sp^2$-гибридизация атома углерода в алкенах, электронная природа и геометрия двойной связи. Структурная и пространственная изомерия (цис-транс и E-Z номенклатура), гомологический ряд алкенов и сопряжённых диенов, его общая формула и номенклатура ИЮПАК.

Способы получения алкенов и алкадиенов: из алканов, алкинов (стереоселективное восстановление), спиртов (синтез бутадиена по методу Лебедева), алкилгалогенидов, с использованием фосфорных илидов. Правила Зайцева и Гофмана.

Химические свойства алкенов и алкадиенов: электрофильное присоединение по двойной связи (механизм реакций $Ad_E$, правило Марковникова и его обоснование с точки зрения механизма, галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация; 1,2- и 1,4-присоединение к диенам), гидратация против правила Марковникова (гидроборирование-окисление), радикальное присоединение (механизм реакции гидрогалогенирования $Ad_R$, перекисный эффект Хараша), радикальное замещение (аллильное галогенирование), восстановление, окисление (по Прилежаеву, по Вагнеру).

**Тема 4.2. Алкины.** sp-гибридизация атома углерода в алкинах, электронная природа и геометрия тройной связи. Структурная изомерия, гомологический ряд алкинов, его общая формула и номенклатура ИЮПАК.

Способы получения алкинов: из карбида кальция, алкенов, алкилгалогенидов, альдегидов и кетонов.

Химические свойства алкинов: кислотные свойства алкинов, электрофильное присоединение по тройной связи (механизм реакций $Ad_E$, правило Марковникова и его

обоснование с точки зрения механизма, галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация по Кучерову, понятие кето-енольной таутомерии, гидратация винилацетилена, присоединение других электрофилов), гидратация против правила Марковникова (гидроборирование-окисление), радикальное присоединение ($Ad_R$, перекисный эффект Хараша), восстановление, окисление.

**Раздел 5. Арены.** $sp^2$-гибридизация атома углерода в аренах, электронная природа и геометрия двойных связи бензольного кольца. Структурная изомерия, гомологический ряд аренов, его общая формула и номенклатура ИЮПАК (орто-, мета-, пара-положения; тривиальные названия). Понятие ароматичности и условия ароматичности (правило Хюккеля); понятие о резонансе.

Методы получения аренов: реакция Вюрца-Фиттига, декарбоксилирование бензойных кислот, реакции в боковых цепях

Химические свойства аренов: окисление, электрофильное замещение в бензельном кольце (механизмы реакций $S_E$ и образования соответствующих электрофильных частиц, нитрование, сульфирование, галогенирование, алкилирование и ацилирование по Фриделю-Крафтсу, методы получения карбокатионов, понятие о скелетных перегруппировках карбокатионов). Типы заместителей в бензольном кольце и их ориентирующее влияние на реакции $S_E$, согласованная и несогласованная ориентация. Реакции галогенирования в ароматическое ядро и боковую цепь. Реакции $S_E$ в конденсированных аренах.

**Раздел 6. Галогенпроизводные.** Изомерия и номенклатура (заместительная и радикально-функциональная).

Методы получения галогенпроизводных: из алканов ($S_R$), алкенов, алкинов, алкадиенов ($Ad_E$ и $Ad_R$), аренов ($S_E$), спиртов (замещение гидроксильной группы на галоген), альдегидов и кетонов, карбоновых кислот, солей диазония, других галогенпроизводных.

Химические свойства галогенпроизводных: реакции нуклеофильного замещения с различными типами нуклеофилов (O-, S-, N-, H-, C-, P-, Hal-нуклеофилы). Представление о механизмах реакций нуклеофильного замещения ($S_N1$ и $S_N2$), факторы, влияющие на протекание реакции по тому или иному механизму. Реакции β-элиминирования (отщепления) галогенпроизводных, правила Зайцева и Гофмана, представление о механизмах реакций элиминирования (E1 и E2), факторы, влияющие на протекание реакции по тому или иному механизму. Реакции галогенпроизводных с металлами. Реакции нуклеофильного замещения галогенопроизводных ароматических углеводородов.

**Раздел 7. Кислородосодержащие органические соединения**

**Тема 7.1. Спирты и фенолы**. Гомологический ряд спиртов и фенолов, их изомерия и номенклатура (заместительная и радикально-функциональная, вицинальные и геминальные спирты).

Методы получения спиртов и фенолов: с использованием реактивов Гриньяра (из альдегидов и кетонов, из сложных эфиров), реакциями восстановления (из альдегидрв и кетонов, из сложных эфиров), гидратацией алкенов (по правилу Марковникова и против него), гидролизом алкилгалогенидов. Получение вицинальных диолов из алкенов, оксиранов, вицинальных дигалогенидов. Получение фенолов гидролизом арилгалогенидов, солей диазония, кумольным синтезом.

Химические свойства спиртов и фенолов: кислотные и основные свойства; реакции с электрофилами (алкилирование, ацилирование спиртов, их реакции с альдегидами и

кетонами, реакция Вильямсона получения простых эфиров, реакции $S_E$ в бензольное кольцо фенолов, получение ацетилсалициловой кислоты по Кольбе); реакции с нуклеофилами (реакции с галогеноводородами, спиртами, галогенидами фосфора и серы). Дегидратация спиртов (правила Зайцева и Гофмана, представление о механизмах реакций элиминирования (E1 и E2)), окисление спиртов (до карбонильных соединений, до карбоновых кислот, окислительное расщепление вицинальных многоатомных спиртов, окисление фенолов).

**Тема 7.2. Альдегиды и кетоны.** Гомологический ряд карбонильных соединений, их изомерия и номенклатура.

Методы получения карбонильных соединений: из алкинов (гидратация по правилу Марковникова и против), из геминальных дигалогенидов, из одноатомных и многоатомных спиртов, из производных альдегидов и кетонов, из производных карбоновых кислот, на основе ацетоуксусного эфира; формилированием и ацилирование (по Фриделю-Крафтсу) аренов. Получение α,β-непредельных альдегидов и кетонов из α-галогензамещённых производных, альдольно-кротоновой конденсацией, гидратацией винилацетиленов.

Химические свойства карбонильных соединений: кислотные свойства, кето-енольная таутомерия, реакции нуклеофильного присоединения (с O-, S-, N-, H-, C-, Hal-нуклеофилами), кислотный и основный катализ реакций $Ad_N$, основания Шиффа, альдольно-кротоновая конденсация. 1,4-Присоединение нуклеофилов к α,β-непредельным карбонильным соединениям. α-Галогенирование предельных и непредельных карбонильных соединений, галоформное расщепление, алкилирование в α-положение. Реакция Перкина ароматических альдегидов. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов (реакция серебряного зеркала), восстановительное аминирование.

**Тема 7.3. Карбоновые кислоты.** Гомологический ряд карбоксильных соединений, их изомерия и номенклатура.

Методы получения карбоновых кислот: на основе реактивов Гриньяра, реакциями окисления, гидролизом производных карбоновых кислот, на основе малонового эфира.

Методы получения производных предельных и непредельных карбоновых кислот: солей, ангидридов (простых, смешанных, циклических), галогенангидридов, сложных эфиров, амидов, нитрилов, кетенов. Получение непредельных карбоновых кислот из предельных через α-галогенирование. Получение ароматических карбоновых кислот окислением боковых цепей аренов.

Химические свойства предельных и непредельных карбоновых кислот и их производных: OH- и CH-кислотность, реакции нуклеофильного замещения (с O-, N-, H-, C-нуклеофилами), кислотный и основный катализ реакций $S_N$. Кислотные свойства малоновой кислоты и малонового эфира, их реакции с электрофилами. Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе карбонильных соединений. α-Галогенирование карбоновых кислот, алкилирование и ацилирование в α-положение. Получение N-замещённых амидов, сложных эфиров и ангидридов. Реакции декарбоксилирования кислот.

Химические свойства производных угольной кислоты (фосген, карбонаты, карбаматы, мочевины).

**Раздел 8. Азотсодержащие органические соединения**

**Тема 8.1. Нитросоединения.** Строение нитрогруппы, мезомерный эффект; CH-кислотность в α-положении к нитрогруппе.

Методы получения нитросоединений: нитрование алканов и аренов, алкилирование нитритов, окисление аминов.

Химические свойства нитросоединений: реакции с электрофильными реагентами по α-положению к нитрогруппе (с галогенами, карбонильными соединениями, с активированной двойной связью (реакция Михаэля)); реакции восстановления (реагенты и способы получения различных восстановленных производных нитрогруппы).

**Тема 8.2. Амины.** Строение молекулы аммиака и аминов; первичные, вторичные, третичные амины и четвертичные аммониевые соли. Основность аминов и влияние различных факторов на неё.

Методы получения аминов: реакции восстановления нитросоединений, оксимов, амидов; восстановительное аминирование карбонильных соединений; прямое и непрямое алкилирование аминов.

Химические свойства аминов: алкилирование, ацилирование, взаимодействие с карбонильными соединениями (кислотный и основный катализ реакций $Ad_N$, основания Шиффа). Нитрозирование алифатических (первичных и вторичных) и ароматических аминов. Получение солей диазония и их химические свойства (реакции замены диазогруппы на атомы галогенов, водорода, цианогруппу, гидроксильную группу с выделением азота; реакции с N- и C-нуклеофилами, реакция азосочетания и её механизм $S_E$).

**Тема 8.3. Аминокислоты.** Строение молекул α-аминокислот; понятие цвиттер-иона и изоэлектрической точки. Незаменимые аминокислоты, их строение и номенклатура.

Методы получения α-аминокислот: из карбоновых кислот (через α-галогенирование), по Габриэлю, по Штреккеру.

Химические свойства аминокислот: реакции по карбоксильной группе (получение сложных эфиров, галогенангидридов, амидов) и по аминогруппе (алкилирование, ацилирование, дезаминирование). Общая стратегия синтеза пептидов: понятие пептидной связи и способ её образования, C- и N-концы полипептидной цепи; защитные группы для аминогруппы (амидные и уретанового типа) и карбоксильной группы (сложноэфирные), принцип их использования, способы введения и удаления.

**Раздел 9. Углеводы.** Гомологические ряды углеводов, их классификация по числу углеводных остатков, числу атомов углерода, характеру карбонильной группы. Открытая и циклические (пиранозная и фуранозная) формы, явление мутаротации. Типы циклической связи атомов, полуацетальная (гликозидная) гидроксильная группа, определение аномеров, формулы Фишера и Хеуорса.

Методы получения углеводов: методы наращивания и сокращения углеводной цепи.

Химические свойства углеводов: реакции восстановления и окисления (до альдаровых и альдоновых кислот, перйодатное окисление), понятие восстанавливающих и невосстанавливающих сахаров. Реакции алкилирования и ацилирования углеводов, реакции с карбонильными соединениями (получение полных ацеталей вицинальных гидроксильных групп). Характерные особенности полуацетальной гидроксильной группы, подвижность атома водорода гидроксильной группы аномерного центра. Получение O- и N-гликозидов.

Примеры дисахаридов (мальтоза, лактоза, сахароза) и полисахаридов (целлюлоза), их строение и свойства.

**Раздел 10. Гетероциклические соединения.** Гомологические ряды гетероциклов, их номенклатура и ароматичность.

Способы получения пяти- и шестичленных гетероциклическх соединений из соответствующих дикарбонильных соединений.

Химические свойства пятичленных гетероциклических соединений: реакции электрофильного замещения (их регионаправленность), восстановления, присоединения к фурану; ацидофобность фурана и пиррола; кислотность пиррола.

Химические свойства шестичленных гетероциклических соединений: реакции электрофильного замещения (их регионаправленность), нуклеофильного замещения (их регионаправленность); основные и нуклеофильные свойства.

**Раздел 11. Методы очистки веществ**

**Тема 11.1. Методы очистки твёрдых и жидких веществ. Перегонка**. Перегонка: виды перегонки (простая, вакуумная, с водяным паром, азеотропная, ректификация) и их принципы; типы примесей, удаляемых с помощью перегонки, понятие предгона и кубового остатка. Виды холодильников для перегонки, их выбор; сборка прибора для перегонки; использование дефлегматоров, хлоркальциевых трубок, «кипелок». Азеотропные смеси и их разделение с помощью перегонки. Особенности сборки прибора для вакуумной перегонки.

**Тема 11.2. Перекристаллизация. Фильтрование. Возгонка.** Перекристаллизация: принцип метода, последовательность операций для проведения перекристаллизации. Выбор растворителя, типы примесей, удаляемых с помощью перекристаллизации, использование активированного угля, влияние скорости охлаждения на процесс кристаллизации, понятие «затравки». Фильтрование: разновидности используемых фильтров (бумажные, стеклянные, Бюхнера), устройство водоструйного насоса, необходимость использования предохранительной склянки, понятие маточного раствора. Методы высушивания жидкостей (использование различных осушителей) и твёрдых веществ (устройство эксикаторов).

Возгонка: принцип метода и примеры. Лиофилизация.

### 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. Теоретические основы органической химии. Классификация органических соединений, изомерия, номенклатура.
2. Теория химического строения и реакционная способность органических соединений.
3. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Электронные эффекты.
4. Алкены и диены. Строение двойной связи. Химические свойства. Реакции электрофильного и радикального присоединения. Способы получения.
5. Строение ароматических соединений. Взаимное влияние атомов в молекулах ароматических соединений. Электрофильное и нуклеофильное замещение в ароматическом ряду.
6. Галогенопроизводные углеводородов.
7. Спирты и фенолы. Простые эфиры.
8. Карбоновые кислоты. Строение и реакционная способность. Химические свойства и способы получения. Сложноэфирная конденсация.
9. Амины. Реакции диазотирования и азосочетания
10. Аминокислоты. Пептидная связь. Пептиды и белки.

3.4.2. Лабораторные занятия

*Указываются темы занятий с перечнем лабораторных работ.*

Тема 2. Техника безопасности при работе в химической лаборатории. Лабораторная посуда

*Лабораторная работа «Правила безопасности при работе в лаборатории общей химии. Элементы техники лабораторных работ»*

Тема 3.1. Алканы

*Лабораторная работа «Способы получения и химические свойства насыщенных углеводородов»*

Тема 4.1. Алкены и алкадиены

*Лабораторная работа «Способы получения и химические свойства ненасыщенных углеводородов (алкены)»*

Тема 4.2. Алкины

*Лабораторная работа «Способы получения и химические свойства ненасыщенных углеводородов (алкины)»*

Тема 5. Арены

*Лабораторная работа «Бензол и его гомологи»*

Тема 7.1. Спирты и фенолы

*Лабораторная работа «Спирты»*

*Лабораторная работа «Фенолы»*

Тема 7.2. Альдегиды и кетоны

*Лабораторная работа «Карбонильные соединения»*

Тема 7.3. Карбоновые кислоты

*Лабораторная работа «Физические и химические свойства насыщенных карбоновых кислот»*

*Лабораторная работа «Функциональные производные карбоновых кислот»*

Тема 8.1. Нитросоединения

*Лабораторная работа «*

Тема 8.2. Амины

*Лабораторная работа «Амины»*

*Лабораторная работа «Реакции диазотирования и азосочетания»*

Тема 8.3. Аминокислоты

*Лабораторная работа «Аминокислоты, пептиды, белки».*

Тема 9. Углеводы

*Лабораторная работа «Углеводы»*

**Тема 10. Гетероциклические соединения**

*Лабораторная работа «Гетероциклические соединения»*

Тема 11.1. Методы очистки твёрдых и жидких веществ. Перегонка

*Лабораторная работа «Простая перегонка»*

Тема 11.2. Перекристаллизация. Фильтрование. Возгонка

*Лабораторная работа «Перекристаллизация»*

## 4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Основная литература

1. Зыкова, М. В. Органическая химия. Пространственное строение органических соединений : учебное пособие / М. В. Зыкова, Г. А. Жолобова, О. Ф. Прищепова. — Томск : СибГМУ, 2016. — 86 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/105887

### 4.2 Дополнительная литература

1. Сборник вариантов индивидуальных домашних заданий по органической химии. Функциональнозамещённые ациклические органические соединения : учебнометодическое пособие / Т. П. Ефимова, И. Е. Ефремова, Р. И. Байчурин, С. В. Макаренко. — Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. — 79 с. — ISBN 978-5-8064-3164-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/252398

### 4.3 Электронные образовательные ресурсы

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха (https://mospolytech.ru/obuchauschimsya/biblioteka/», а также курс «Органическая химия» https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11074.

## 5 Материально-техническое обеспечение

Специализированные учебные лаборатории кафедры «ХимБиотех» ауд. ПК-511, ПК-433, ПК-411, ПК-526, ПК-528, оснащены:

- доской аудиторной с мелом;
- мультимедийной установкой: современные средства воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов, состоящие из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, персонального компьютера с интерфейсами подключения: USB, audio, VGA. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, что позволяет проводить лекции и лабораторные работы обучающихся в удобной и доступной для них форме
- химической посудой и приборами для выполнения лабораторных работ: электронные аналитические весы, вытяжные шкафы, водоструйные насосы, магнитные мешалки с нагревом, электрические плитки, стеклянная термостойкая посуда на шлифах, горелки спиртовые, термометры, ареометры, автоматические пипетки-дозаторы с наконечниками.

# 6 Методические рекомендации

## 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Методика преподавания дисциплины «Органическая химия» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- чтение лекций с использованием интерактивных средств наглядности (презентации, видеофильмы с демонстрацией химического эксперимента);
- выполнение студентами индивидуальных самостоятельных работ и работ лабораторного практикума.

Предусмотрена возможность использования электронного обучения, дистанционных образовательных технологий. Все материалы размещаются в СДО Московского Политеха (https://online.mospolytech.ru).

## 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

1) контрольные вопросы,
2) индивидуальные задания,
3) подготовка и защита лабораторных работ,
4) тестовые задания в системе LMS.

По результатам выполнения индивидуальных самостоятельных работ, проверяемых преподавателем, выполнения и защиты всех лабораторных работ, прохождения промежуточных тестов в системе LMS студенту выставляется зачет (2 семестр) или отметка за экзамен (3 семестр).

# 7 Фонд оценочных средств

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

**Форма промежуточной аттестации: зачет**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится в по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «незачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Органическая химия» (контрольные работы, домашние контрольные работы, защита лабораторных работ).

**Форма итоговой аттестации: экзамен**

Итоговая аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по экзаменационным билетам либо итогового тестирования в СДО. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К итоговой аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Органическая химия» (контрольные работы, защита лабораторных работ).

### 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Отлично | Студент демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные неточности при переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, однако не может их применять в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Удовлетворительно | Студент не в полном объёме демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, |

| | |
|---|---|
| | оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, однако испытывает значительные затруднения при их применении в новых ситуациях, не может их применять в ситуациях повышенной сложности. |
| Неудовлетворительно | Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

### 7.3 Оценочные средства

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Домашняя контрольная работа (ДК/Р) | Средство для самостоятельной проработки и усвоения полученных знаний для решения задач определенного типа по теме или разделу | Комплект домашних контрольных работ по вариантам |
| 2 | Контрольная работа (К/Р) | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу | Комплект контрольных работ по вариантам |
| 3 | Защита лабораторных работ (ЗЛ) | Средство контроля усвоения учебного (теоретического и практического) материала, изученного в ходе подготовки и проведения лабораторных работ по соответствующим темам (разделам) дисциплины. Организовано как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися | Вопросы по темам/разделам дисциплины, изученным в ходе лабораторных работ |
| 4 | Зачётная работа (промежуточная аттестация) (ЗР) | Средство промежуточной оценки степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине на основе письменной зачётной работы с учётом результатов текущего контроля успеваемости в течение семестра | Комплект билетов для письменной зачётной работы |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | Экзаменационная работа (итоговая аттестация) (ЭР) | Средство итоговой оценки степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине на основе письменной экзаменационной работы | Комплект экзаменационных билетов |

Варианты домашних контрольных работ

**Домашнее задание 1. Введение. Предельные углеводороды**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Опишите схематически и с помощью электронной формулы электронное строение атомов следующих элементов: O, Cl, H, Ne. Укажите число валентных электронов этих атомов.

2. Укажите тип гибридизации всех атомов молекулы пропена. Нарисуйте его структуру с геометрией расположения орбиталей.

3. Обозначьте электронные эффекты заместителей в следующих соединениях: пропионитрил, этаналь, 2-пропиновая кислота, изопропиламин, фторбензол, HC(O)-CH=$CH_2$.

4. Укажите (с обоснованием), в какую сторону будут смещены кислотно-основные равновесия для следующих реакций:

а) $CH_3SH + CH_3ONa \rightleftharpoons CH_3SNa + CH_3OH$

б) $NH_2CH_2COONa + H_2O \rightleftharpoons {}^{+}NH_3CH_2COONa + HO^{-}$

5. Сколько конфигурационных изомеров имеет гексан-2,3-диол. Нарисуйте (в виде проекций Фишера) все возможные изомеры и назовите их по (*R*,*S*)-номенклатуре. Укажите, какие пары стереоизомеров являются энантиомерами, какие - диастереомерами, а какие – мезоформами?

6. Получите 2,2-диметилбутан восстановлением соответствующего карбонильного соединения. Напишите уравнение реакции фотохимического хлорирования этого алкана. Опишите механизм этой реакции.

7. Напишите уравнения следующих реакций: а) 2-бензил-1,3-бутадиен и этилен при нагревании; б) продукт реакции «а» и водород на никеле. Изобразите равновесие двух кресловидных конформаций продукта реакции «б» и предскажите, какая из этих конформаций будет стабильнее.

**Домашнее задание 2. Алкены. Алкины. Арены**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) какие алкены получатся при: 1) взаимодействии цинковой пыли с 4-изопропил-1,2-дихлорциклогексаном; 2) дегидратации 1,2-диметил-1-циклопентанола; 3) действии натрия в жидком аммиаке на 1-фенил-2-пентин (укажите конфигурацию продукта реакции); 4) взаимодействии 3-бром-2-метилпентана с трет-бутилатом калия в трет-бутиловом спирте при нагревании. В последнем случае обоснуйте регионаправленность реакции;

б) получите по реакции Виттига 1-фенил-2-бутен; напишите его реакцию с надуксусной кислотой и последующий гидролиз полученного продукта;

в) взаимодействие изопрена с 1-кратным избытком бромоводорода;

г) предложите схему превращения: пропилен → 2,3-диметил-2-бутен. Опишите механизм ($Ad_E$) первой из требующихся реакций и обоснуйте, какой из продуктов этой реакции является основным, а какой – побочным.

2. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) получите 3-метил-1-бутин из: 1) 1-бром-3-метилбутана; 2) 3-метилбутаналя;

б) из ацетилена и других необходимых реагентов получите 2,5-диметил-3-гексин;

в) реакция 3-гексина с трехкратным избытком диборана, а затем с перекисью водорода; объясните, в чём особенность этой реакции;

г) осуществите превращение пропанол → пропилен.

3. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) реакция 1-ацетил-3-этилбензола с амальгамой цинка в соляной кислоте;

б) реакция *м*-бромметоксибензола и ацетилхлорида в присутствии трихлорида алюминия;

в) взаимодействие толуола с пропеном в присутствии $H_2SO_4$;

г) реакция 1-нитронафталина с бромом;

д) получите 2-хлор-4-нитробензойную кислоту из бензола.

## Домашнее задание 3. Галогенпроизводные. Спирты

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) 1) фотохимическое толуола; 2) получение *м*-бромбензолсульфокислоты из бензола; 3) из пропаналя получите 1-пропин через образование соответствующего дигалогенпроизводного; 4) реакция глицерина (1,2,3-пропантриола) с тионилхлоридом; 5) получение 2-бромпропана по реакции Хунсдиккера.

б) расположите соединения в порядке увеличения реакционной способности в реакциях $S_N2$: 2-хлор-2-метилбутан, 1-хлорпентан, 2-йод-2-метилбутан. Ответ обоснуйте. Напишите реакции 1-хлорпентана с: 1) сероводородом (1 экв.); 2) водным раствором гидроксида натрия; 3) иодидом калия в ацетоне; 4) этилатом натрия в этаноле при нагревании; 5) металлическим натрием.

в) напишите продукты следующих реакций; укажите, обоснуйте и напишите механизмы образования основных и побочных продуктов; обратите внимание на их конфигурации. Из (S)-2-бромбутана получите: 1) (R)-втор-бутилацетат; 2) втор-бутилтиол; 3) 2-бутен.

2. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) 1) обработка 1,4-дибром-2-метилбутана водным раствором щёлочи; 2) гидратация 2-метил-2-пентена; 3) восстановление 2-бутаналя цианборгидридом натрия; 4) получение 2-метил-2-бутанола из соответствующего сложного эфира с использованием реактива Гриньяра; 5) получение фенола из бензола; 6) α-нафтол из 1-нафталинсульфокислоты; 7) получение 1,2-бутандиола из 1-бутена за одну стадию.

б) Сравните кислотные свойства следующих соединений: циклогексанол, 1,2-циклогександиол, *п*-крезол, *п*-нитрофенол. Напишите уравнения реакций 1,2-циклогександиола с: 1) металлическим натрием; 2) хлорангидридом бутановой кислоты в присутствии триэтиламина; 3) этилхлоридомом (2 экв.) в присутствии гидроксида натрия; 5) метанолом в присутствии серной кислоты; 6) трибромидом фосфора.

в) Напишите уравнения реакций *о*-крезола со следующими соединениями: 1) гидроксид натрия; 2) метилйодид в присутствии гидроксида натрия, затем - ацетилхлорид в присутствии $FeBr_3$; 3) бром; 4) хлороформ в присутствии гидроксида натрия.

г) 1) перйодатное расщепление 2,3,4-октантриола; 2) взаимодействие 2,4-пентандиона с этиленгликолем (2 экв.) в кислой среде; 3) реакция 1,3-бутандиола с оксидом хрома(VI) в пиридине.

**Домашнее задание 4. Карбонильные соединения. Карбоновые кислоты**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) 1) гидратация пент-2-ен-4-ина в присутствии сульфата ртути, напишите уравнение кето-енольной таутомерии продукта; 2) получите 3-пентанон на основе ацетоуксусного эфира; 3) озонолизом соответствующего диена получите смесь (1:1:1) пропаналя, этаналя и глиоксаля; 4) из соответствующего спирта получите *о*-толуиловый альдегид; 5) получите кротоновый альдегид из ацетальдегида; 6) осуществите превращение кумол → ацетон.

б) Расположите в ряд по увеличению реакционной способности в реакциях нуклеофильного присоединения: пропаналь, этаналь, ацетон, ацетофенон (ответ обоснуйте). Напишите уравнения реакций ацетофенона: 1) с *н*-бутиламином; 2) йодоформное расщепление; 3) с тиофенолом; 4) с бензальдегидом в присутствии щёлочи; 5) реакция «серебряного зеркала». *Напишите механизмы реакций 2), 3), 4)*.

в) Напишите уравнения реакций 4-метил-2-гексеналя: 1) Дильса-Альдера с 2,3-диметил-1,3-бутадиеном; 2) Михаэля с ацетоуксусным эфиром; 3) с этанолом (изб.) в кислой среде.

2. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) 1) окисление 2-метил-3-гексена дихроматом калия при нагревании; 2) полный гидролиз пропионитрила в присутствии щёлочи; продукт гидролиза этерифицируйте этанолом в кислой среде (*напишите механизм*); 3) реакция диоксида углерода с (4-метил-1-пентил)магнийбромидом и последующее подкисление; 4) получение бензойной кислоты из толуола; 5) получение кротоновой кислоты из масляной кислоты; 6) из диэтилмалоната получите 1,6-гександиовую кислоту.

б) Расположите в ряд по увеличению скорости реакции с этанолом: бутилацетат, уксусную кислоту, пропионилхлорид (ответ обоснуйте). Напишите реакции пропионилхлорида: 1) с диизопропиламином (изб.) (*напишите механизм*); полученный продукт гидролизуйте; 2) щелочной гидролиз; продукт обработайте бромом в присутствии каталитических количеств красного фосфора (*напишите механизм*); 3) с натриевой солью ацетоуксусного эфира; 4) с *н*-бутанолом в присутствии пиридина; 5) с ацетатом натрия; полученный продукт обработайте диизопропиламидом лития (LDA), а затем – ацетилхлоридом.

в) 1) реакция нитрила кротоновой кислоты с бромоводородом, затем – полный гидролиз полученного продукта; 2) глутаровый ангидрид с этантиолом (2 экв.) в кислой среде; 3) реакция бутилизоцианата с пропанолом.

**Домашнее задание 5. Азотсодержащие соединения**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) из втор-бутиламина получите 2-нитробутан и напишите его реакции: 1) с цинком в воде в присутствии $NH_4Cl$; 2) с хлором в присутствии щёлочи; 3) с 4-нитробензальдегидом в присутствии NaOH;

б) осуществите превращение 3-метилциклопентанон → 3-метилциклопентиламин; сравните по основности циклогексиламин и 4-метоксианилин (ответ обоснуйте); напишите реакции 4-метоксианилина: 1) с хлоридом 4-метилфенилдиазония при pH 5,0; 2) с нитритом натрия и HCl (*напишите механизм*); реакция полученного продукта с водным раствором хлорида меди(I) при нагревании; 2) с ацетальдегидом; 3) восстановительное аминирование ацетона;

в) получите этиламин из ацетамида, а также синтезом Габриэля и напишите реакции этиламина: 1) с ацетоном в кислой среде; 2) с этилбромидом; 3) ацилирование ангидридом масляной кислоты;

г) получите изолейцин из 3-метилпентановой кислоты, а также синтезом Штреккера и напишите уравнения реакций изолейцина с бензиловым спиртом в кислой среде, затем – с пропилхлоридом в присутствии триэтиламина, затем – щелочной гидролиз полученного продукта;

д) предложите способ получения трипептида изолейцилфенилаланилвалина, используя подходящие методы защиты амино- и карбоксильной групп аминокислот.

**Домашнее задание 6. Углеводы. Гетероциклические соединения**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Изобразите кольчато-цепные равновесия (2R,3S,4R)-2,3,4,5-тетрагидроксипентаналя.

2. Осуществите превращение: D-глюкоза → D-арабиноза. Напишите уравнения реакций D-глюкозы: а) с разбавленной азотной кислотой при нагревании; б) с избытком ацетона в кислой среде; в) с 1-пропанолом в кислой среде; г) с избытком уксусного ангидрида в кислой среде; д) реакция «серебряного зеркала»; е) с 4-метиланилином.

3. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные: а) из янтарной кислоты получите тиофен и напишите его реакцию с хлорангидридом бензойной кислоты в присутствии $SnCl_4$; б) нитрование пиррола; в) нитрование 3-метилпиридина; г) реакция пиридина с амидом натрия.

Варианты контрольных работ

**Контрольная работа 1. Введение. Предельные углеводороды**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Обозначьте электронные эффекты заместителей в следующих соединениях: этиллитий, винилбензол, аллильный катион, нитробутан, $CH_2$=CH-$N(CH_3)_2$, 3-хлор-2-пропеналь.

2. Укажите (с обоснованием), в какую сторону будет смещено кислотно-основное равновесие для следующей реакции:

$CH_3C(O)NH_2 + NaNH_2 \rightleftharpoons CH_3C(O)NHNa + NH_3$.

3. Напишите уравнения соответствующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) получите 2-метилбутан из алкина;

б) фотохимическое сульфохлорирование 2-метилбутана; обоснуйте структуру основного продукта реакции, исходя из стабильности соответствующих углеродных радикалов;

б) 2-изопропил-1,3-бутадиен и этилен при нагревании;

в) продукт реакции «б» и водород на никеле;

г) полное окисление 2-метилбутана (уравняйте уравнение реакции).

**Контрольная работа 2. Алкены. Алкины. Арены**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) реакция 3-метил-2-бутанола с конц. серной кислотой; взаимодействие основного продукта с надуксусной кислотой с последующим гидролизом полученного продукта;

б) дегидрогалогенирование 3-бром-2-метилпентана в присутствии гидроксида натрия в этиловом спирте;

в) действие натрия в жидком аммиаке на 2-метил-3-гексин (укажите конфигурацию продукта реакции);

г) предложите схему получения 2,3-диметилбутана из пропена.

д) из ацетилена и других необходимых реагентов получите винилацетилен и напишите его реакцию с водой в присутствии ацетата ртути и серной кислоты;

е) действие металлического натрия на смесь 3-хлор-1-пропена и хлорбензола;

ж) реакция *м*-бромметоксибензола и ацетилхлорида в присутствии трихлорида алюминия;

з) реакция 1,3-диметилбензола с водным раствором перманганата калия при нагревании;

и) получите 3-нитро-5-бромбензолсульфокислоту из бензола.

**Контрольная работа 3. Галогенпроизводные. Спирты**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) получение 2-бромпропана по реакции Хунсдиккера;

б) $(CH_3)_3CO^- + CH_3I \xrightarrow[(CH_3)_3COH]{50^oC}$

укажите и обоснуйте механизм образования основного и побочного(-ых) продукта(-ов) данной реакции;

в) восстановление этилового эфира 2-метилпропановой кислоты до спирта;

г) получение 3-фенил-1-пропанола из соответствующего оксирана с использованием реактива Гриньяра;

д) синтез 4-гидрокситолуола из 4-метиланилина;

е) реакция 3-метил-2-бутанола с этилбромидом в присутствии щёлочи;

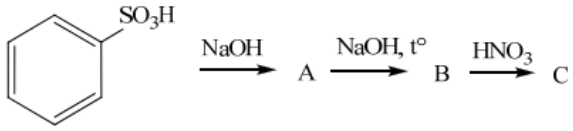
ж) реакция резорцина с трибромидом железа;

з) получение ацеталя метилэтилкетона реакцией с этиленгликолем;

и) реакция 1,3-пропандиола с металлическим натрием (2 экв.), затем - с хлорангидридом бензойной кислоты (2 экв.).

2. Расположите соединения в порядке уменьшения реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения по механизму $S_N1$: втор-бутилйодид, втор-бутилбромид, втор-бутилхлорид. Ответ обоснуйте. Из втор-бутилбромида получите нитрил 2-метилбутановой кислоты.

3. Напишите формулы промежуточных и конечных веществ, а также реакции в следующей схеме:




**Контрольная работа 4. Карбонильные соединения. Карбоновые кислоты**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) получите метилфенилкетон на основе ацетоуксусного эфира;

б) определите структуру алкена, при озонолизе которого получили ацетон и ацетальдегид;

в) альдольная конденсация 3-метилбутаналя;

г) реакция масляного альдегида с втор-бутиламином (изб.), а затем - с водородом;

д) реакция 4-метил-2-гексеналя с нитрометаном в присутствии щёлочи;

е) щелочной гидролиз ацетамида; продукт гидролиза этерифицируйте пропанолом;

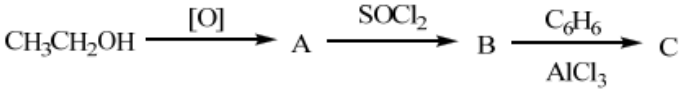
ж) из малонового эфира получите 1,6-гександиовую кислоту;

з) реакция ангидрида кротоновой кислоты с бромоводородом (2 экв.);

и) реакция этилизоцианата с *н*-бутанолом.

2. Расположите в ряд по увеличению скорости реакции с этанолом: хлорангидрид бензойной кислоты, 2-метилбензойная кислота, 4-хлорбензойная кислота (ответ обоснуйте). Напишите реакции хлорангидрида бензойной кислоты: 1) с аммиаком (изб.); полученный продукт дегидратируйте; 2) с натриевой солью ацетилацетона.

3. Напишите формулы промежуточных и конечных веществ, а также реакции и их условия в следующей схеме:




**Контрольная работа 5. Азотсодержащие соединения**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Напишите уравнения следующих реакций. В случае образования нескольких продуктов реакции укажите, какие из них основные, а какие побочные:

а) из втор-бутиламина получите 2-нитробутан;

б) реакция этиламина с цинком в воде в присутствии $NH_4Cl$;

в) реакция 2-нитропропана с 4-нитробензальдегидом в присутствии NaOH;

г) получите этиламин синтезом Габриэля;

д) ацилирование анилина ангидридом масляной кислоты;

е) реакция изолейцина с бензиловым спиртом в кислой среде;

ж) получение дипептида фенилаланилвалина с использованием подходящих методов защиты амино- и карбоксильной групп аминокислот.

2. Сравните по основности циклогексиламин и 4-метоксианилин (ответ обоснуйте); напишите реакцию 4-метоксианилина с нитритом натрия и HCl и реакцию полученного продукта 4-метиланилином при pH 5,0.

3. Напишите формулы промежуточных и конечных веществ, а также реакции в следующей схеме:




## Контрольная работа 6. Углеводы. Гетероциклические соединения

*!Все органические соединения должны быть названы!*

1. Изобразите кольчато-цепные равновесия L-маннозы и напишите её уравнения реакций:

а) с ацетоном в присутствии HCl;

б) с 1-пропанолом в кислой среде;

в) с избытком пропионового ангидрида в кислой среде;

г) с разбавленной азотной кислотой.

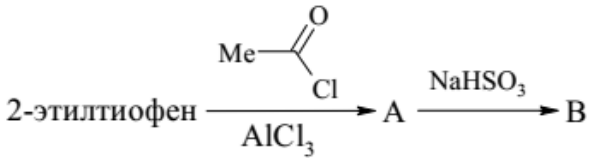
2. Напишите уравнения следующих реакций:

а) из диэтилового эфира 2-метоксиглутаровой кислоты получите 3-метоксипиридин и напишите реакцию его бромирования;

б) ацилирование фурана ангидридом масляной кислоты;

в) нитрование пиррола и кислотный гидролиз полученного продукта;

г) формулы промежуточных и конечных веществ, а также реакции в следующей схеме:




Вопросы к защите лабораторных работ

*Методы очистки твёрдых и жидких веществ:*

1. Перегонка

1.1 Виды перегонки (простая, вакуумная, с водяным паром, азеотропная, ректификация) и их принципы.

1.2. Типы примесей, удаляемых с помощью перегонки, понятие предгона и кубового остатка.

1.3. Виды холодильников для перегонки, их выбор.

1.4. Сборка прибора для перегонки; использование дефлегматоров, хлоркальциевых трубок, «кипелок».

1.5. Азеотропные смеси и их разделение с помощью перегонки.

1.6. Особенности сборки прибора для вакуумной перегонки.

2. Перекристаллизация

2.1. Принцип метода, последовательность операций для проведения перекристаллизации.

2.2. Выбор растворителя для проведения перекристаллизации.

2.3. Типы примесей, удаляемых с помощью перекристаллизации, использование активированного угля, влияние скорости охлаждения на процесс кристаллизации, понятие «затравки».

3. Фильтрование

3.1. Разновидности используемых фильтров (бумажные, стеклянные, Бюхнера).

3.2. Устройство водоструйного насоса, необходимость использования предохранительной склянки, понятие маточного раствора.

4. Методы высушивания жидкостей (использование различных осушителей) и твёрдых веществ (устройство эксикаторов).

*Химические свойства алканов и циклоалканов:*

1. Реакции радикального замещения.

1.1. Механизм реакции галогенирования.

1.2. Сульфогалогенирование, сульфоокисление, нитрование; соотношение продуктов этих реакций.

2. Реакции окисления и дегидрирования.

3. Реакции раскрытия цикла циклоалканов.

*Химические свойства алкенов:*

1. Электрофильное присоединение по двойной связи.

1.1. Механизм реакций $Ad_E$.

1.2. Правило Марковникова и его обоснование с точки зрения механизма.

1.3. Реакции галогенирования, гидрогалогенирования, гидратации.

2. Реакции восстановления и окисления (по Прилежаеву, по Вагнеру).

*Химические свойства аренов:*

1. Электрофильное замещение в бензельном кольце.

1.1. Механизмы реакций $S_E$ и образования соответствующих электрофильных частиц.

1.2. Реакции нитрования, сульфирования, галогенирования, алкилирования и ацилирования по Фриделю-Крафтсу

1.3. Методы получения карбокатионов, понятие о скелетных перегруппировках карбокатионов.

1.4. Типы заместителей в бензольном кольце и их ориентирующее влияние на реакции $S_E$.

1.5. Согласованная и несогласованная ориентация.

2. Реакции галогенирования в ароматическое ядро и боковую цепь.

3. Реакции окисления боковых цепей.

*Химические свойства спиртов и фенолов:*

1. Кислотные и основные свойства.

2. Реакции спиртов с электрофилами.

2.1. Алкилирование и ацилирование.

2.2. Реакции с альдегидами и кетонами.

2.3. Реакция Вильямсона получения простых эфиров.

2.4. Реакции $S_E$ в бензольное кольцо фенолов.

3. Реакции спиртов с нуклеофилами.

3.1. Реакции с галогеноводородами.

3.2. Реакции со спиртами.

3.3. Реакции с галогенидами фосфора и серы.

4. Дегидратация спиртов.

4.1. Правила Зайцева и Гофмана.

4.2. Представление о механизмах реакций элиминирования (E1 и E2).

4.3. Окисление спиртов.

*Химические свойства карбонильных соединений:*

1. Кислотные свойства.

2. Кето-енольная таутомерия.

3. Реакции нуклеофильного присоединения (с O-, S-, N-, H-, C-, Hal-нуклеофилами).

3.1. Получение оснований Шиффа.

3.2. Альдольно-кротоновая конденсация.

4. α-Галогенирование предельных карбонильных соединений, галоформное расщепление. 5. Реакции восстановления и окисления альдегидов и кетонов (реакция «серебряного зеркала»), восстановительное аминирование.

*Химические свойства предельных карбоновых кислот и их производных:*

1. OH- и CH-кислотность.

1.1. Кислотные свойства малоновой кислоты и малонового эфира, их реакции с электрофилами.

1.2. Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе карбонильных соединений.

2. Реакции нуклеофильного замещения (с O-, N-, H-, C-нуклеофилами).

2.1. Кислотный и основный катализ реакций $S_N$.

2.2. Получение *N*-замещённых амидов, сложных эфиров и ангидридов.

3. α-Галогенирование карбоновых кислот.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Вариант билета для письменной зачётной работы

**Зачётная работа по дисциплине «Органическая химия»**

*!Все органические соединения должны быть названы!*

*!В случае нескольких продуктов реакции укажите основные и побочные продукты!*

1. Сравните по основности фенолят натрия, метилат натрия, 4-хлорфенолят натрия и 4-метилфенолят натрия. Напишите реакцию алкилирования бромбензола метиловым спиртом по Фриделю-Крафтсу, а полученный основной продукт алкилирования обработайте хлором на свету.

2. Обозначьте электронные эффекты заместителей в 3,3,3-трифторпропан-1-оле и напишите реакцию дегидратации этого соединения. Напишите реакцию гидробромирования полученного продукта дегидратации.

3. Предложите схему получения (Z)-2-бутена из пропина, используйте (Z)-2-бутен для получения 4,5-диметилциклогексена по реакции Дильса-Альдера и напишите реакцию этого циклоалкена с хлороводородом в присутствии перекиси ацетила.

4. Напишите реакции фотохимического хлорирования этилбензола и его хлорирования по Фриделю-Крафтсу. Основной продукт хлорирования по Фриделю-Крафтсу последовательно сульфируйте, а затем - окислите перманганатом калия при нагревании. Для основного продукта фотохимического хлорирования этилбензола напишите его реакцию с металлическим натрием и обработайте полученный продукт нитрующей смесью.

Вариант экзаменационного билета

## Экзаменационный билет

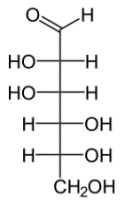
*!Все органические соединения должны быть названы!*

*!В случае нескольких продуктов реакции укажите основные и побочные продукты!*

1. Из ацетилена и других необходимых реагентов получите пропин и напишите реакцию его взаимодействия с водой в присутствии сульфата ртути(II) и серной кислоты. Напишите реакции полученного карбонильного соединения: а) с гидроксиламином; б) альдольная конденсация.

2. Из малонового эфира получите пропановую кислоту, напишите её реакции: 1) этерификации пропанолом; полученный продукт восстановите алюмогидридом лития; напишите способ получения продукта восстановления из соответствующего карбонильного соединения с использованием реактива Гриньяра; 2) с тионилхлоридом; полученным продуктом ацилируйте 2-метилтиофен.

3. Из бутана получите 2-нитробутан и напишите его реакцию с этиловым эфиром 2-бутеновой кислоты в присутствии NaOH. Полученный продукт подвергните щелочному гидролизу, а затем – восстановите цинком в соляной кислоте.




4. Изобразите все кольчато-цепные равновесия D-маннозы (см. рисунок) и напишите её уравнения реакций: а) с избытком этилйодида в присутствии основания; б) с бензиловым спиртом в присутствии хлороводорода.