

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.03.03.01 ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, ХИМИЯ
ПОЛИМЕРОВ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Органическая химия

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)

04.05.01.32 Аналитическая химия

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины – формирование у обучающихся знаний в области строения, реакционной способности различных классов органических соединений и формировании целостного представления о проблемах теоретической, синтетической органической химии и основных технологических отраслей производства органических продуктов.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины: знакомство со специальными вопросами органической химии, основами стереохимии органических соединений, с механизмами реакций, с взаимным влиянием атомов, с взаимосвязью различных классов органических соединений, с природными источниками органических соединений и их переработке, с основными технологическими процессами органического синтеза.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности | |
| ОПК-1.1: Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов | |
| ОПК-1.2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии | |
| ОПК-1.3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности | |
| ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности | |

| | |
|--|--|
| ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности | |
| ОПК-2.2: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности | |
| ОПК-2.3: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования | |
| ОПК-3: Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения | |
| ОПК-3.1: Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности | |
| ОПК-3.2: Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности | |
| ОПК-5: Способен понимать принципы работы информационных технологий, использовать информационные базы данных и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности | |
| ОПК-5.1: Использует современные IT-технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля, соблюдая нормы и требования информационной безопасности | |

| | |
|--|--|
| ОПК-5.2: Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной | |
| деятельности | |
| ОПК-5.3: Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием | |
| ОПК-6: Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе | |
| ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке | |
| ОПК-6.2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры | |
| ОПК-6.3: Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках | |
| ОПК-6.4: Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке | |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий | |
| УК-1.1: Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними | |
| УК-1.2: Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению | |

| | |
|---|--|
| УК-1.3: Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников | |
| УК-1.4: Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов | |
| УК-1.5: Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области | |
| УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | |
| УК-2.1: Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления | |
| УК-2.2: Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения | |
| УК-2.3: Планирует необходимые ресурсы, в том числе, с учетом их заменяемости | |
| УК-2.4: Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования | |

| | |
|---|--|
| УК-2.5: Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, | |
| уточняет зоны ответственности участников проекта | |
| УК-4: Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия | |
| УК-4.1: Устанавливает и развивает профессиональные контакты в соответствии с потребностями совместной деятельности, включая обмен информацией и выработку единой стратегии взаимодействия | |
| УК-4.2: Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.) | |
| УК-4.3: Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных публичных мероприятиях, включая международные, выбирая наиболее подходящий формат | |
| УК-4.4: Аргументированно и конструктивно отстаивает свои позиции и идеи в академических и профессиональных дискуссиях на государственном языке РФ и иностранном языке | |
| УК-6: Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни | |

| | |
|---|--|
| УК-6.1: Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного | |
| выполнения порученного задания | |
| УК-6.2: Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям | |
| УК-6.3: Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда | |
| УК-8: Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов | |
| УК-8.1: Анализирует факторы вредного влияния элементов среды обитания (технических средств, технологических процессов, материалов, зданий и сооружений, природных и социальных явлений) | |
| УК-8.2: Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности | |
| УК-8.3: Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций | |

| | |
|--|--|
| УК-8.4: Разъясняет правила | |
| поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения; оказывает первую помощь, описывает способы участия в восстановительных мероприятиях | |

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

| Вид учебной работы | Всего, зачетных единиц (акад.час) | Сем естр | |
|--|--|-------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Контактная работа с преподавателем: | 8,5 (306) | | |
| занятия лекционного типа | 1,89 (68) | | |
| практические занятия | 0,94 (34) | | |
| лабораторные работы | 5,67 (204) | | |
| Самостоятельная работа обучающихся: | 4,5 (162) | | |
| курсовое проектирование (КП) | Нет | | |
| курсовая работа (КР) | Нет | | |
| Промежуточная аттестация (Экзамен) | 2 (72) | | |

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

| | | Контактная работа, ак. час. | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| № п/п | Модули, темы (разделы) дисциплины | Занятия лекционного типа | | Занятия семинарского типа | | | | Самостоятельная работа, ак. час. | |
| | | | | Семинары и/или Практические занятия | | Лабораторные работы и/или Практикумы | | | |
| | | Всего | В том числе в ЭИОС | Всего | В том числе в ЭИОС | Всего | В том числе в ЭИОС | Всего | В том числе в ЭИОС |
| 1. Модуль 1. Введение. Углеводороды и ароматические органические соединения | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>1. Введение. Предмет органической химии. Причины выделения ее в самостоятельную науку. Роль и значение современных достижений органического синтеза. Методы выделения и очистки органических соединений.</p> <p>Качественный и количественный анализ органических соединений. Теория строения органических соединений Бутлерова.</p> <p>Физические методы в исследовании органических соединений (спектроскопические методы, инфракрасные спектры поглощения, ядерный магнитный резонанс, хроматомасс-спектрокопия).</p> <p>Типы химической связи: ковалентная, ионная, семиполярная, координационная, водородная.</p> <p>Гибридные состояния атомов углерода. Строение σ- и π-связей. Двойная и тройная связи. Электронные эффекты в органических соединениях.</p> <p>Классификация органических соединений.</p> | 1 | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|---|----|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>2. Ациклические и алициклические углеводороды. Насыщенные или предельные углеводороды (парафины, алканы). Гомологический ряд предельных углеводородов. Изомерия. Номенклатура. Природные источники парафинов. Промышленные способы получения. Получение парафинов восстановлением окиси и двуокиси углерода. Гидрирование непредельных соединений. Получение парафинов из спиртов, галоидных алкилов. Синтез Вюрца. Анодный синтез Кольбе. Декарбоксилирование карбоновых кислот и их солей. Общая характеристика ковалентных связей в молекуле алканов. Понятие о свободном вращении вокруг С-С связи. Заторможенная и заслоненная конформации. Формулы Ньюмена. Физические свойства парафинов. Химические свойства предельных углеводородов. Гомолитическое и гетеролитическое расщепление ковалентных связей Радикальные реакции замещения: галоидирование, нитрование. сульфохлорирование, окисление. Дегидрирование. Техническое применение данных реакций, Использование нитросоединений и продуктов окисления. Понятие о цепном механизме реакции. Способы инициирования цепных реакций. Понятие о переходном состоянии и энергии активации. Изомеризация алканов. Устойчивость карбокатионов. Конденсация алканов. Пиролиз алканов. Использование предельных углеводородов в органическом синтезе. Состав нефти и пути ее переработка*. Спектральный анализ алканов.</p> | 1 | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| <p>3. Химические свойства предельных углеводородов. Гомолитическое и гетеролитическое расщепление ковалентных связей Радикальные реакции замещения: галоидирование, нитрование. сульфохлорирование, окисление. Дегидрирование. Техническое применение данных реакций, Использование нитросоединений и продуктов окисления.</p> <p>Понятие о цепном механизме реакции. Способы инициирования цепных реакций. Понятие о переходном состоянии и энергии активации. Изомеризация алканов. Устойчивость карбокатионов. Конденсация алканов. Пиролиз алканов.</p> <p>Использование предельных углеводородов в органическом синтезе. Состав нефти и пути ее переработка*.</p> <p>Спектральный анализ алканов.</p> | | | 4 | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>4. Алициклические углеводороды (циклоалканы, нафтены). Классификация алициклических соединений. Природные источники нафтенов.* Синтезы алициклических соединений: из дибромидов с концевым расположением атомов галогена, из малонового эфира и дикарбоновых кислот, при помощи карбенов по реакции Дильса-Альдера, циклизацией солей дикарбоновых кислот, димеризацией алленов и диолефинов, циклизацией диэфиров, циклодегидратацией кетонов. Методы превращения алициклических кетонов в углеводороды. Физические свойства алициклических углеводородов. Стереохимия циклов: теория напряжения Байера, современные представления о существовании напряжения цикла. Циклопропан. Современные взгляды на строение циклопропанового кольца. Представление о конформации циклобутана и циклопентана. Угловое и торсионное напряжение. Конформации кресла и ванны для циклогексана. Экваториальные и аксиальные связи. Цис- и транс-декалины. Средние и макроциклы. Конформация. Трансаннулярное взаимодействие и трансаннулярная дегидроциклизация. Аннулены. Химические свойства алициклических углеводородов, Реакции раскрытия циклов. Взаимопревращения циклов. Свободнорадикальные реакции. Особенности химических свойств циклопропана. Свойства, сходные со свойствами алкенов. Свойства, отличающие циклопропаны от алканов.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>5. Этиленовые углеводороды (олефины, алкены). Гомологический ряд этиленовых углеводородов. Представления о строении двойной углерод-углеродной связи. π-Связь. Изомерия этиленовых углеводородов: структурная, пространственная, геометрическая. Промышленные и лабораторные методы получения алкенов.* Физические свойства олефинов. Химические свойства олефинов. Реакции электрофильного присоединения к двойной связи. Механизм и стереохимия реакций присоединения. Правило Марковникова. Термодинамический и кинетический контроль. Реакции свободнорадикального присоединения к двойной связи. Полимеризация алкенов. Реакции окисления алкенов: гидроксирование, озонирование, окисление тетраокисью осмия, тетраацетатом свинца. Эпоксидирование (Прилежаев) и гидроксирование под действием надкислот, стереохимия этих реакций. Реакции алкенов с сохранением двойной связи. Аллильное хлорирование и бромирование. Окисление по аллильному положению.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>6. Углеводороды с двумя этиленовыми связями (диены). Номенклатура диеновых углеводородов. Получение диенов алленового типа*. Химические свойства алленов. Стереоизомерия. Кумулены. Получение углеводородов с сопряженной системой двойных связей. Характеристика связей в бутадиене-1,3 длина связей, энергия сопряжения. Физические свойства. Химические свойства диеновых углеводородов с сопряженными связями. Механизм электрофильного присоединения к сопряженным диенам. Основные закономерности диенового синтеза. Правило Вудворда-Гофмана. Понятие о терпенах, терпеноидах. Природные источники терпенов.* Полимеризация олефинов и диенов. Каучуки.*</p> | 2 | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>7. Ацетиленовые углеводороды (алкины). Изомерия и номенклатура алкинов. Получение алкинов из карбидов металлов, галогенпроизводных, алкилирование ацетилена. Общая характеристика связей в молекуле ацетилена. Физические свойства ацетиленовых углеводородов. Химические свойства. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения. Механизм этих реакций. Гидрирование и восстановление натрием в жидком аммиаке. Циклизация и димеризация ацетилена. Причины подвижности атома водорода у углерода при тройной связи. Реакции замещения: образование ацетиленидов, магнийорганические соединения ацетилена. Конденсация ацетилена с карбонильными соединениями. Изомеризация моноалкилацетиленов в диалкилацетилены. Промышленные синтезы на основе ацетилена. Спектральный анализ непредельных углеводородов.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>8. Ароматические органические соединения. Ароматическое состояние. Определение энергии сопряжения. Понятие об использовании метода молекулярных орбиталей. Качественные и количественные критерии ароматичности.* Правило Хюккеля. Небензoidные ароматические соединения.</p> | 4 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>9. Бензоидные ароматические углеводороды. Гомологический ряд бензола. Номенклатура и изомерия. Синтез бензола и его гомологов. Физические свойства. Химические свойства. Общие закономерности реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду. Типы промежуточных соединений: σ- и π-комплексы. Ориентация при электрофильном замещении. Электронное влияние заместителей на ход реакции. Согласованная и несогласованная ориентация. Нуклеофильное замещение в бензольном кольце. Реакции с участием боковых цепей алкилбензолов. Легкость гомолиза бензильных С-Н связей и ее причины. Получение фенола и ацетона из кумола.</p> | 4 | | | | | | | |
| <p>10. Полиароматические соединения с изолированными бензольными ядрами. Методы получения дифенила и его производных. Атропизомерия в ряду дифенила. Сравнение поведения бензола и дифенила в реакциях электрофильного замещения. Методы синтеза соединений ряда трифенилметана. Причины особых свойств С-Н связи в метиновой группе трифенилметана. Трифенилхлорметан. Основной характер трифенилкарбинола. Красители ряда трифенилметана, строение и цветность этих красителей.* Трифенилметил-радикал. Устойчивые радикалы, их получение и свойства. Устойчивые карбокатионы и карбоанионы.</p> | 2 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|----|--|--|--|
| <p>11. Полиароматические соединения с конденсированными бензольными ядрами Строение нафталина, антрацена и фенантрена. Энергия сопряжения этих соединений. Распределение электронной плотности в нафталине, антраcene, фенантрене. Их физические свойства. Химические свойства нафталина, антрацена и фенантрена: окисление, нитрование, галогенирование, ацилирование, сульфирование. Правила ориентации при реакциях электрофильного замещения. Реакции антрацена с диенофилами. Антрахинон. Применение, получение, свойства.* Спектральный анализ бензоидных ароматических соединений.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>12. Химические свойства нафталина, антрацена и фенантрена: окисление, нитрование, галогенирование, ацилирование, сульфирование. Правила ориентации при реакциях электрофильного замещения. Реакции антрацена с диенофилами. Антрахинон. Применение, получение, свойства.* Спектральный анализ бензоидных ароматических соединений.</p> | | | 4 | | | | | |
| 13. Очистка твердых веществ. Определение температуры плавления | | | | | 6 | | | |
| 14. Очистка жидких веществ, определение температуры кипения | | | | | 6 | | | |
| 15. Синтез алкенов | | | | | 12 | | | |
| 16. Изучение свойств ненасыщенных углеводородов | | | | | 18 | | | |
| 2. Модуль 2. Оптическая изомерия. Галогенопроизводные углеводородов | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>1. Оптическая изомерия. Асимметрия молекулы и асимметрический атом углерода как причина возникновения оптической изомерии. Антиподы, рацематы, их свойства и отличия. Стереои́зомерия соединений с двумя асимметрическими атомами. Диастереомеры. Мезоформы. Проекционные формулы Фишера и правила их применения. Стереохимия веществ со многими асимметрическими углеродными атомами. Число стереоизомеров. Конфигурация и знак вращения. D-ряды, L-ряды. Методы разделения рацемических соединений на оптически активные компоненты. Механизм асимметрических синтезов. Правило Крама. Эритро- и треоформы. Определение пространственной конфигурации. Рацемизация, вальденовское обращение. Понятие о дисперсии оптического вращения. Стереои́зомерия алленов, кумуленов, спиранов. Атропизомерия</p> | 2 | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| <p>2. Галогенопроизводные углеводородов. Номенклатура и изомерия моногалогенпроизводных предельных углеводородов. Качественное и количественное определение галогенов*. Получение галогеналкилов из предельных углеводородов, алкенов и спиртов. Характеристика связей в молекуле галоидного алкила. Дипольные моменты. Физические свойства. Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогена на гидроксильную, алкоксильную, нитрильную, амино- и нитрогруппы, галоген и др. Влияние природы, строения реагирующих веществ и условий реакций на легкость замещения галогена. Два механизма замещения: SN1 и SN2. Влияние механизма на стереохимию реакций нуклеофильного замещения: образование карбониевых ионов, вальденское обращение. Нуклеофильность и основность реагентов. Геометрия переходного состояния. Конкуренция реакций замещения и элиминирования. Механизмы E1 и E2.</p> | 2 | | | | | | | |
| 3. Изучение свойств ароматических соединений. Реакции электрофильного замещения | | | | | 6 | | | |
| 4. Изучение свойств оптически активных соединений | | | | | 6 | | | |
| 5. Синтез галогенопроизводных углеводородов | | | | | 6 | | | |
| 3. Модуль 3. Метало- и элементоорганические соединения. Спирты, фенолы, простые эфиры, эпокси. | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|--|--|--|
| <p>1. Металлорганические соединения. Классификация и номенклатура. Общие понятия о методах получения и свойствах в связи с положением в периодической системе Менделеева. Смешанные магнийорганические соединения (реактивы Гриньяра), их получение. Современные представления о строении магнийорганических соединений. Свойства. Взаимодействие с соединениями, содержащими подвижные атомы водорода, с углекислым газом. Значение магнийорганических соединений для синтетической органической химии – их реакции с галоидными алкилами, α-окисями, карбонильными соединениями. Современные представления о механизме этих реакций и о факторах, которые влияют на побочные процессы, связанные с восстанавливающим и конденсирующим действием реактивов Гриньяра. Литийорганические соединения. Свойства и значение для синтетической органической химии.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>2. Современные представления о механизме этих реакций и о факторах, которые влияют на побочные процессы, связанные с восстанавливающим и конденсирующим действием реактивов Гриньяра. Литийорганические соединения. Свойства и значение для синтетической органической химии.</p> | | | 4 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>3. Элементоорганические соединения. Общее определение. соединений Фосфор- и кремнийорганические соединения. Классификация и номенклатура. Основные способы получения. Общие понятия о физических и химических свойствах. Перегруппировка Арбузова. Реакция Виттига. Применение кремний- и фосфорорганических соединений. Полисилоксаны.*</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>4. Спирты. Классификация, номенклатура, изомерия предельных одноатомных спиртов. Способы получения спиртов: гидролизом галогеналкилов; действием металлоорганических соединений на альдегиды, кетоны и сложные эфиры: гидратацией непредельных соединений; восстановлением карбонильных соединений и сложных эфиров, карбоновых кислот (каталитическим и комплексными гидридами металлов). Характеристика связи С-О и О-Н в спиртах. Водородная связь. Химические свойства спиртов. Кислотность. Ассоциация. Основность и нуклеофильность спиртов и алконолятов. Нуклеофильное замещение гидроксила на галоген. Получение простых и сложных эфиров, реакция с галоидными соединениями фосфора). Ненасыщенные спирты. Их получение, свойства. Многоатомные спирты. Гликоли. Глицерин, его получение и применение. Общая характеристика многоатомных спиртов.</p> | 2 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|----|--|--|--|
| <p>5. Фенолы. Изомерия и номенклатура фенолов. Получение фенолов из галогенпроизводных, сульфокислот, аминов, кумола. Характеристика связи С-О и О-Н в фенолах. Водородная связь. Химические свойства фенолов. Кислотность. Ассоциация. Основность и нуклеофильность. Сопоставление свойств гидроксила в спиртах и фенолах (кислые свойства, получение простых и сложных эфиров, реакция с галоидными соединениями фосфора). Реакция замещения в ядре фенола. Нитрование, сульфирование, галогенирование фенола. Действие щелочи на нитрофенолы. Перегруппировка Фриса. Карбоксилирование фенолята, азосочетание. Общая характеристика двух- и трехатомных фенолов. Получение гидрохинона, применение его в качестве восстановителя. Получение и свойства пирагаллола и флороглюцина. Спектральный анализ спиртов и фенолов.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>6. Реакция замещения в ядре фенола. Нитрование, сульфирование, галогенирование фенола. Действие щелочи на нитрофенолы. Перегруппировка Фриса. Карбоксилирование фенолята, азосочетание. Общая характеристика двух- и трехатомных фенолов. Получение гидрохинона, применение его в качестве восстановителя. Получение и свойства пирагаллола и флороглюцина. Спектральный анализ спиртов и фенолов.</p> | | | 5 | | | | | |
| <p>7. Изучение свойств галогенопроизводных углеводов</p> | | | | | 12 | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|----|--|----|--|
| 8. Магнийорганический синтез | | | | | 12 | | | |
| 9. Изучение свойств фенолов | | | | | 12 | | | |
| 10. Идентификация карбонильных соединений | | | | | 6 | | | |
| 11. Проработка теоретического материала, оформление и подготовка к защите лабораторных работ. Решение задач, подготовка к промежуточному контролю и зачету | | | | | | | 63 | |
| 12. Критерии оценки для получения зачета: оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если в ответе верно изложено не менее 70 % материала и не допущено существенных неточностей; оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части (более 30 %) теоретического материала и допускает существенные ошибки. | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|----|--|--|--|
| <p>13. Простые эфиры и эпокиси. Строение, изомерия, номенклатура. Получение действием водоотнимающих средств на спирты и действием галогенпроизводных на алконоляты. Способы получения простых эфиров, содержащих третичный радикал. Свойства простых эфиров получение оксониевых соединений, комплексообразование, расщепление, окисление в гидроперекиси.</p> <p>Циклические простые эфиры. Получение α-окисей. Превращение окиси этилена под действием электрофильных (изомеризация, реакция с галогенводородами, водой, спиртами и этиленгликолем) и нуклеофильных (аммиак, амины, магниорганические соединения) реагентов. Тетрагидрофуран и диоксан.</p> <p>Применение окиси этилена в промышленном органическом синтезе.*</p> <p>Понятие об органических перекисях и гидроперекисях.*</p> <p>Использование органических перекисей в органическом синтезе.</p> <p>Спектральный анализ простых эфиров.</p> | 2 | | | | | | | |
| 14. Получение сложных эфиров | | | | | 12 | | | |
| 4. Модуль 4. Карбонильные соединения. Карбоновые кислоты, карбоновые кислоты, содержащие другие функциональные | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>1. Строение, методы получения карбонильных соединений</p> <p>Строение, изомерия и номенклатура альдегидов и кетонов. Получение: из парафинов из олефинов (оксосинтез), из ацетиленов по реакции Кучерова и через виниловые эфиры, из дигалогенпроизводных, из спиртов: окислением и дегидрогалогенированием, из карбоновых кислот сухой перегонкой кальциевых солей и каталитически, из производных кислот при помощи металлоорганических соединений и восстановлением по Розенмунду и комплексными гидридами металлов. Реакции Фриделя-Крафтса и Гаттермана. Получение оксикетонов по Фрису. Промышленные методы синтеза формальдегида, ацетальдегида и ацетона. Характеристика связей в карбонильной группе, Полярность и поляризуемость. Физические свойства альдегидов и кетонов.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|----|
| <p>2. Реакции карбонильных соединений</p> <p>Реакции, обусловленные полярностью карбонильной группы получение бисульфитных производных, циангидринов, гидратов, взаимодействие с магниорганическими соединениями, аминами. гидразинами, аммиаком, реакция с пятихлористым фосфором, присоединение спиртов, меркаптанов, галогенводородных кислот, получение α-галоидэфиров. Кислотный катализ реакций присоединения и замещения.</p> <p>Каталитическое гидрирование и восстановление по Клеменсену.</p> <p>Превращения альдегидов и кетонов, связанные с гидридными переходами (реакции с криптооснованиями): восстановление по Мейервейну-Понндорфу-Верлею, окисление по Опенауэру, реакция Канницаро, восстановление комплексными гидридами, реакция Тищенко. Восстановительное аминирование кетонов (каталитическое и по Лейкарту).</p> <p>Восстановление карбонильной группы в метиленовую (реакция Кижнера). Окисление альдегидов и кетонов.</p> <p>Реакции альдегидов и кетонов, протекающие через стадию енолизации. Механизм енолизации в кислой и щелочной средах. Галогенирование и галоформная реакция, нитрозирование и окисление кетонов.</p> <p>Альдольно-кетоновая конденсация. Конденсация с фенолами. Реакция Манниха.</p> <p>Полимеризация альдегидов. Синтез Перкина, реакция Кневенагеля, бензоиновая конденсация.</p> <p>Свойства ароматических кетонов: расщепление щелочью, превращения в пинакон. Металлкетилы. Оксимы. Нитроны. Перегруппировка Бекмана, ее механизм.</p> | 2 | | | | | | | 29 |
|--|---|--|--|--|--|--|--|----|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>3. Непредельные и 1,2-,1,3-, и 1,4-дикарбонильные соединения Непредельные альдегиды и кетоны. Винилология. Присоединение нуклеофильных реагентов к α,β-непредельным альдегидам и кетонам. Восстановление и окисление карбонильной группы с сохранением двойной связи. Присоединение галогенводородов и спиртов в кислой среде. Кетены, их получение, димеризация и использование в качестве ацилирующих агентов. Особенности свойств 1,2-, 1,3-, 1,4- диальдегидов и кетонов. Бензиловая перегруппировка. Кетенолькая таутомерия. Применение диальдегидов и кетонов в синтезах гетероциклических соединений.* Анализ карбонильных соединений.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>4. Хиноны. Получение о- и п-бензохинонов. Свойства п-бензохинона: получение моно- и диоксимов, присоединение хлористого водорода, анилина, метилового спирта, уксусного ангидрида, реакции с сопряженными диенами. Окислительно-восстановительный потенциал хинонов. Использование хинона в качестве окислителя (хлоранил). Семихинон как свободный радикал. Антиокислительное действие гидрохинона.* Бензохиноидная таутомерия. Антрахинон. Способы получения: окисление антрацена, синтез из производных бензола. Свойства: расщепление щелочью, взаимодействие с гидроксиламином, восстановление в антрон и антрагидрохинон, сульфирование. Синтез ализарина из антрахинон-2-сульфокислоты (механизм реакции). Спектроскопический анализ альдегидов и кетонов.</p> | 2 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>5. Строение и методы получения карбоновых кислот Изомерия и номенклатура предельных и ароматических одноосновных кислот. Получение: окислением парафинов, спиртов, альдегидов, гидролизом сложных эфиров, нитрилов, галогенпроизводных, металлоорганическим синтезом, на основе окиси углерода, малонового и ацетоуксусного эфиров. Методы получения замещенных в ядре бензойных кислот. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-иона. Характеристика связей, межатомные расстояния. Водородные связи и димерное строение карбоновых кислот. Кислотность и ее причины. Полярные влияния и сила кислот. Влияние природы и положения заместителей на силу ароматических кислот.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>6. Реакционная способность карбоновых кислот, угольной кислоты и их производных Получение функциональных производных: галоидангидридов, ангидридов, сложных эфиров. Превращение сложных эфиров в амиды, гидразиды и гидроксамовые кислоты. Гидролиз производных карбоновых кислот в кислой и щелочной среде. Механизм этих реакций. Взаимодействие сложных эфиров с магнийорганическими соединениями, с литийалюминийгидридом. Получение, строение и свойства амидов. Получение, свойства нитрилов. Применение для синтезов фосгена, хлоругольных эфиров, эфиров угольной и ортоугольной кислот. Сероуглерод, тиоугольные кислоты, ксантогеновая кислота. Синтез и применение мочевины. Гуанидин, его сильные основные свойства.</p> | 2 | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>7. Непредельные и двухосновные карбоновые кислоты и их производные Номенклатура и методы синтеза двухосновных предельных кислот. Физические свойства. Химические особенности щавелевой, малоновой, янтарной и адипиновой кислот. Использование в синтетической практике диэтилоксалата, янтарного ангидрида. адипиновой кислоты, ее диэтилового эфира, малоновой кислоты, этилового эфира малоновой кислоты, конденсация Дикмана, конденсация малонового эфира с альдегидами, ацилоиновая конденсация. Получение фталевой кислоты. Получение, химические свойства и использование в органическом синтезе фталевого ангидрида, фталимида, фталида. Синтез Габриэля. Общая характеристика непредельных кислот. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения в ряду непредельных кислот. Получение, свойства и применение акрилонитрила. Общая характеристика фумаровой и малеиновой кислот. Применение малеинового ангидрида в диеновом синтезе.* Спектральный анализ карбоновых кислот и их производных; устойчивость ацилиевого катиона.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|----|--|--|--|
| <p>8. Карбоновые кислоты с другими функциями. Галоген-, окси-, оксокислоты. Классификация, номенклатура и получение. Физические свойства. Зависимость химических свойств галогензамещенных кислот от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы. Особенности α-, β-, γ-оксикислот. Реакции с участием только одной или обеих функциональных групп. Лактиды. Лактоны. Вальденовское обращение. Классификация и номенклатура α-, β-, γ-кетокислот. Таутомерия, выделение таутомерных форм. Таутомерное равновесие. Примеры прототропной таутомерии. Граница между таутомерией и изомерией. Механизмы и типы таутомерных превращений. Катализ кислотами и основаниями. Причина двойственной способности. Алкилирование и ацилирование солей кетоенолов. Синтезы кетонов и карбоновых кислот с помощью ацетоуксусного эфира.</p> | 2 | | | | | | | |
| 9. Получение карбонильных соединений | | | | | 6 | | | |
| 10. Изучение свойств карбонильных соединений | | | | | 12 | | | |
| 5. Модуль 5. Серо- и азотсодержащие соединения | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|----|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>1. Серо- и азотсодержащие соединения Получение и свойства меркаптанов, сульфидов, полисульфидов. Характеристика сульфоксидов и сульфонов. Номенклатура, изомерия и получение сульфокислот алифатического и ароматического рядов. Физические свойства. Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения сульфогруппы. Функциональные производные сульфокислот – хлорангидриды и амиды. Сравнение свойств карбоксильной и сульфогрупп. Сульфаниламидные препараты.* Нитросоединения. Строение нитрогруппы. Номенклатура, изомерия и классификация нитросоединений. Методы получения: нитрованием углеводородов по Коновалову, из галогенпроизводных, нитрованием ароматических соединений, нитрование через стадию нитрозосоединений. Физические свойства. Химические свойства. Восстановление - каталитическое и химическое - в амины. Общая схема восстановления ароматических соединений в кислой, нейтральной и щелочной средах. Перегруппировки промежуточных продуктов восстановления нитробензолов: фенилгидроксиламинов - синтез аминифенолов, перегруппировка Валлаха, бензидиновая, семидиновая, дифенилиновая перегруппировки. Частичное восстановление динитробензолов. Конденсация о-нитротолуола с альдегидами. Отличие свойств нитросоединений от эфиров азотистой кислоты. Действие щелочей на первичные и вторичные нитросоединения Таутомерия фенилнитрометана. Гидролиз нитросоединений. Взаимодействие с азотистой кислотой. Конденсация с альдегидами. Взрывоопасность нитросоединений.</p> | 4 | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>2. Амины. Строение, номенклатура, классификация, изомерия.</p> <p>Получение из галогенпроизводных по Гофману, по Габриэлю, из спиртов с аммиаком, восстановительным алкилированием карбонильных: соединений по Лейкарту, восстановлением азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот. Механизм реакций Гофмана и Курциуса.</p> <p>Получение из нитросоединений восстановлением каталитическим и химическим.</p> <p>Геометрия молекулы аммиака и аминов.</p> <p>Физические свойства. Сравнение основности ароматических и алифатических аминов.</p> <p>Химические свойства. Алкилирование и образование четвертичных солей, их строение и свойства. Ацилирование аминов и применение этого процесса для защиты аминогруппы и разделения смесей первичных, вторичных и третичных аминов.</p> <p>Влияние аминогруппы на свойства бензольного ядра.</p> <p>Влияние заместителей на основность анилинов.</p> <p>Сульфаниламидные препараты.*</p> <p>Спектральный анализ аминов и замещенных амидов.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|----|--|--|--|
| <p>3. Диазо- и азосоединения</p> <p>Реакция диазотирования, механизм и условия ее проведения. Строение солей диазония. Различные формы диазосоединений. Схема Ганча.</p> <p>Реакции диазосоединений с выделением азота: нуклеофильное замещение и радикальные реакции.</p> <p>Азосочетание как реакция электрофильного замещения в ароматическом ядре. Диазо- и азосоставляющие, их реакционная способность в зависимости от заместителей в ароматическом ядре. Условия сочетания с аминами и фенолами, Получение аминоказосоединений (триазенов), их таутомерия и превращение в соли диазония. Азокрасители. Индикаторные переходы.</p> <p>Строение и способы получения алифатических диазосоединений. Применение диазометана в качестве метилирующего агента, его реакция с карбонильными соединениями. диазометан как источник карбенов.</p> <p>Получение и устойчивость диазоуксусного эфира, его взаимодействие с алкенами.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>4. Аминокислоты. Амфотерный характер аминокислот. Изоэлектрическая точка. Понятие о биполярном ионе. Бетаины. Реакции, отличающие α-, β-, γ-аминокислоты. Лактамы. Важнейшие типы α-аминокислот - компонентов белков.* Синтез пептидов. Способы защиты аминокислотной группы и активация карбоксильной группы аминокислот. Определение структуры пептидов.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>5. Синтез производных карбоновых кислот</p> | | | | | 12 | | | |
| <p>6. Изучение общих свойств серо- и азотсодержащих соединений</p> | | | | | 6 | | | |
| <p>6. Модуль 6. Гетероциклические соединения. Углеводы. Введение в ретросинтетический анализ</p> | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>1. Гетероциклические соединения. Пятичленные гетероциклические соединения</p> <p>Определение. Классификация. Пятичленное кольцо с одним гетероатомом (фуран, тиофен, пиррол). Общие методы получения из ациклических соединений.</p> <p>Взаимные превращения по Юрьеву. Ароматичность гетероциклов и ее причины. Влияние гетероатома на свойства пятичленных гетероциклов - их ароматичность и неопределенность. Реакции электрофильного замещения в ряду фурана, тиофена и пиррола. Реакции гидрирования и окисления. Фуран в диеновом синтезе. Получение и свойства пирролкалия и пирролмагнийгалогенидов. Сопоставление со свойствами фенолятов. Конденсация α-метилпиррола с формальдегидом. Понятие о строении и биохимической роли хлорофилла и гемоглобина.*</p> <p>Пятичленные циклы с двумя гетероатомами. Проблема ароматичности. Электрофильные и нуклеофильные реакции (общая характеристика на примере пиразола и имидазола).</p> <p>Методы синтеза индолов. Химические свойства индолов. Восстановление водородом в момент выделения. Протонная подвижность водорода в NH-группе и ее причины. Индолилмагниевый бромид и индолилнатрий и их реакции. Реакции электрофильного замещения в ядре индола.</p> | 2 | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| <p>2. Получение и свойства пирролкалия и пирролмагнийгалогенидов. Сопоставление со свойствами фенолятов. Конденсация α-метилпиррола с формальдегидом. Понятие о строении и биохимической роли хлорофилла и гемоглобина.*</p> <p>Пятичленные циклы с двумя гетероатомами. Проблема ароматичности. Электрофильные и нуклеофильные реакции (общая характеристика на примере пиразола и имидазола).</p> <p>Методы синтеза индолов. Химические свойства индолов. Восстановление водородом в момент выделения. Протонная подвижность водорода в NH-группе и ее причины. Индолилмагниий бромид и индолилнатрий и их реакции. Реакции электрофильного замещения в ядре индола.</p> | | | 6 | | | | | |
| <p>3. Получение и свойства пирролкалия и пирролмагнийгалогенидов. Сопоставление со свойствами фенолятов. Конденсация α-метилпиррола с формальдегидом. Понятие о строении и биохимической роли хлорофилла и гемоглобина.*</p> <p>Пятичленные циклы с двумя гетероатомами. Проблема ароматичности. Электрофильные и нуклеофильные реакции (общая характеристика на примере пиразола и имидазола).</p> <p>Методы синтеза индолов. Химические свойства индолов. Восстановление водородом в момент выделения. Протонная подвижность водорода в NH-группе и ее причины. Индолилмагниий бромид и индолилнатрий и их реакции. Реакции электрофильного замещения в ядре индола.</p> | | | 6 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|--|--|--|--|
| <p>4. Шестичленные гетероциклические соединения Номенклатура и синтез простейших производных пиридина. Распределение электронной плотности в его ядре. Основность атома азота, сравнение с пирролом. Реакции электрофильного замещения в ядре пиридина. N-окись пиридина и ее нитрование Использование N-окиси нитропиридина для получения amino- и хлорпиридинов. Реакции пиридина с амидом натрия (Чичибабин), едким кали, фениллитием. Нуклеофильный характер реакций. Таутомерия α- и γ-оксипиридина. Конденсация метилпиридина с альдегидами Расщепление пиридинового кольца. Изомерия, номенклатура и синтез (по Скраупу и Дебнеру-Миллеру) простейших производных хинолина. Окисление хинолина и восстановление его водородом в момент выделения. Нитрование и сульфирование хинолина. Синтез 8-оксихинолина. Использование его в аналитической химии.* Алкалоиды ряда пиридина.</p> | 1 | | | | | | | |
| <p>5. Конденсация метилпиридина с альдегидами Расщепление пиридинового кольца. Изомерия, номенклатура и синтез (по Скраупу и Дебнеру-Миллеру) простейших производных хинолина. Окисление хинолина и восстановление его водородом в момент выделения. Нитрование и сульфирование хинолина. Синтез 8-оксихинолина. Использование его в аналитической химии.* Алкалоиды ряда пиридина.</p> | | | 5 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|----|--|--|--|
| <p>6. Углеводы. Моно-, ди- и полисахариды. Классификация и номенклатура. Моносахариды как основная структурная единица углеводов: альдозы и кетозы (триозы, тетрозы, пентозы, гексозы). D и L-ряды. Принцип вывода стереоизомерных формул альдоз D-ряда. Циклические формулы. Фуранозы и пиранозы. Мутаротация, α- и β-стереоизомерия. Конформации моносахаридов. Химические свойства: восстановление, окисление, взаимодействие с кислотами, алкилирование, ацилирование, образование арилгидразонов и озаонов. Гликозиды, их распространение в природе. Особенности гликозидного гидроксила.</p> <p>Дисахариды и их распространение в природе. Типы связей в них. Доказательства строения тростникового сахара и мальтозы. Особенности синтезов дисахаридов из моноз.</p> <p>Полисахариды, их нахождение в природе и значение. Представление о строении крахмала и целлюлозы. Химические свойства крахмала и целлюлозы, их получение из природного сырья и использование.</p> | 2 | | | | | | | |
| <p>7. Промышленный органический синтез Сырьевая база промышленного органического синтеза. Промышленные каталитические процессы переработки (этилена, пропилена, бутенов и бутадиена-1,3). Производства фенола, стирола, циклогексана и алкилбензолсульфонатов.</p> | 1 | | | | | | | |
| 8. Синтезы с использованием солей диазония | | | | | 18 | | | |
| 9. Получение гетероциклических систем | | | | | 18 | | | |
| 10. Идентификация гетероциклических систем | | | | | 12 | | | |

| | | | | | | | | |
|--|----|--|----|--|-----|--|-----|--|
| 11. Изучение свойств углеводов | | | | | 6 | | | |
| 12. Проработка теоретического материала, оформление и подготовка к защите лабораторных работ. Решение задач, подготовка к итоговому контролю | | | | | | | 99 | |
| 13. Критерии экзаменационной оценки: оценка «отлично» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы с указанием примеров и полными ответами на дополнительные вопросы. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы с указанием примеров и ответами на дополнительные вопросы с небольшими неточностями. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при полном ответе на вопросы без указания примеров и не ответе на дополнительные вопросы. оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при частичном ответе на вопросы без указания примеров и не ответе на дополнительные вопросы. | | | | | | | | |
| Всего | 68 | | 34 | | 204 | | 162 | |

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Office Professional Plus 2007.
2. Приложения ChemOffice Ultra 11 - пакет утилит для химиков, таких как: ChemDraw, Chem3D, ChemFinder, ChemACX

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная Электронная Библиотека e-LIBRARY.RU. Полнотекстовая коллекция «Российские академические журналы on-line» (издательство «Наука») включает 139 журналов. Заключено лицензионное соглашение (до ноября 2021 г.) об использовании ресурсов со свободным доступом с компьютеров университетской сети. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.
2. Nature Publishing Group – годовая подписка на научные электронные журналы издательства Nature Publishing Group: Nature Materials, Nature Nanotechnology. – Режим доступа: <http://www.nature.com> .
3. EBSCO Journals (компания EBSCO Publishing) – электронные журналы. Всего более 7000 названий журналов, 3,5 тысячи рецензируемых журналов. – Режим доступа: <http://search.ebscohost.com>
4. Cambridge University Press - доступ к текущим выпускам журналов издательств Cambridge University Press (с 1996-2015 гг) . – Режим доступа: <http://www.journals.cambridge.org>
5. Royal Society of Chemistry. – Режим доступа: <http://www.rsc.org>
6. Elsevier - доступ к Freedom Collection издательства Elsevier. В комплект подписки Freedom Collection издательства Elsevier входят электронные научные полнотекстовые журналы по всем областям науки, техники, медицины, размещенные на платформе ScienceDirect, (23 предметные коллекции), охват более 1900 названий журналов. Архив 2010-2014 гг. . – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>
7. Электронная химическая энциклопедия – он-лайн. . – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>.
8. Сайт по применению методов математической статистики и теории вероятностей в аналитической химии для обработки результатов аналитических измерений. – Режим доступа: <http://chemstat.com.ru/>
9. Справочник по химии: основные понятия, термины, законы, схемы, формулы, справочный материал, графики / Л. Н. Блинов, И. Л. Перфилова; Санкт-Петербургский политехнический университет. - Москва: Проспект, 2010. - 155 с.

10. 10.Электронно-библиотечная система Znanium.com предоставляет зарегистрированным пользователям круглосуточный доступ к электронным изданиям из любой точки мира посредством сети Интернет.
– Режим доступа: <http://znanium.com/>

11.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для чтения лекций используется аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в учебной аудитории с использованием доски. Лабораторные занятия проходят в лабораториях кафедры органической и аналитической химии, оснащенных специальным оборудованием (вытяжные шкафы, раковины), приборами и химической посудой.