



Факультет	Естественных наук	
Кафедра	Химии	
Направление подготовки	04.03.01 Химия	
Направленность (профиль)	Медицинская и фармацевтическая химия	
	Органический синтез	Б1.В.04

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»
ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»

УТВЕРЖДЕНА
на заседании
Ученого совета университета
протокол № 8 от 31 августа 2017 г.


Рабочая программа дисциплины «Органический синтез»

Трудоемкость: 7 зачетных единиц

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: очная

Год начала обучения: 2015, 2016, 2017, 2018

Заведующий кафедрой химии  Атрощенко Ю.М.

Декан ФЕН 

Шахкельдян И.В.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата	4
3. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий	5
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	10
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	10
6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	11
6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	13
6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	18
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	19
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	19
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	19
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	20
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	21
12. Аннотация рабочей программы дисциплины	22
14. Разработчик:.....	26

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Достижение планируемых результатов обучения, соотнесенных с общими целями и задачами ОПОП, является целью освоения дисциплины.

Планируемые результаты освоения образовательной программы (код и название компетенции)	Планируемые результаты обучения	Этапы формирования компетенции в процессе освоения образовательной программы
владеет навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2)	<p><u>Выпускник знает:</u> основные методы синтеза, выделения и очистки органических соединений; правила выбора оптимального пути синтеза органических соединений; физико-химические способы идентификации соединений;</p> <p><u>умеет:</u> выбирать оптимальный путь синтеза органических соединений;</p> <p><u>владеет:</u> навыками определения физико-химических констант полученного соединения;</p>	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП
знание норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6)	<p><u>Выпускник владеет:</u> навыками работы с лабораторным оборудованием навыками проведения основных операций при выделении и очистке веществ</p>	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП
способность использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач (ПК-8)	<p><u>Выпускник умеет:</u> использовать основные закономерности и фундаментальные химические понятия органического синтеза при реализации задач получения органических соединений</p>	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП
владение навыками расчета основных технических показателей технологического процесса (ПК-9)	<p><u>Выпускник владеет:</u> навыками расчета основных показателей, характеризующих возможность протекания процессов в органическом синтезе</p>	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП

Органический синтез		Б1.В.04
способность анализировать причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупреждению и устранению (ПК-10)	<u>Выпускник умеет:</u> анализировать причины нарушений параметров технологического процесса	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП
владение навыками планирования и организации работы структурного подразделения (ПК-11)	<u>Выпускник владеет:</u> навыками планирования и организации работы в коллективе	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП
способность принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий (ПК-12)	<u>Выпускник умеет:</u> принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий	в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина «Органический синтез» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1. Изучение данной дисциплины базируется на освоении студентами дисциплин «Органическая химия» и «Физическая химия».

К началу изучения дисциплины студенты должны владеть:

- знаниями в области строения, свойств, реакционной способности и способов получения органических соединений;
- умениями предсказать свойства органических соединений исходя из их строения;
- навыками и опытом деятельности работы в химической лаборатории с основным оборудованием и посудой.

Дисциплина «Органический синтез» является базовой для выполнения исследований в рамках выпускной квалификационной работы.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Объем зачетных единиц / часов по формам обучения
Максимальная учебная нагрузка (всего)	252/7
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	138
в том числе:	
лекции	36
лабораторные занятия (включая защиту отчета по лабораторным работам)	96
контроль самостоятельной работы	6
Самостоятельная работа студента (всего)	78
в том числе:	
внеаудиторная самостоятельная работа по подготовке к лекционным занятиям	20

Органический синтез	Б1.В.04
внеаудиторная самостоятельная работа по подготовке к лабораторным занятиям и защите отчета	28
подготовка к контрольным работам	14
выполнение заданий для самостоятельной работы в системе управления обучением MOODLE	10
подготовка к зачету	6
Экзамен	36
Промежуточная аттестация в форме зачета (7 семестр), экзамена (8 семестр)	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Очная форма обучения

Наименование тем (разделов).	Количество академических или астрономических часов по видам учебных занятий			
	Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Другие виды учебных занятий	Самостоятельная работа обучающихся
Тема 1. Стратегия и тактика органического синтеза	2	6		5
Тема 2. Лабораторные методы и приемы органического синтеза	2	6		5
Тема 3. Реакции нитрования	2	6		5
Тема 4. Реакции сульфирования	2	6		5
Тема 5. Прямое и непрямо галогенирование	4	12		8
Тема 6. С-, N- и O-алкилирование	2	6		5
Тема 7. С-, N- и O-ацилирование	4	6		5
Тема 8. Реакции диазотирования	2	6		5
Тема 9. Азосочетание	2	6		5
Тема 10. Типы конденсаций в органическом синтезе	2	6		5
Тема 11. Реакции окисления	4	6		5
Тема 12. Реакции восстановления	2	6		5
Тема 13. Нуклеофильное аминирование	2	6		5
Тема 14. Реакции гидроксирования	2	6		5
Тема 15. Реакции циклизации и ароматизации	2	6		5
Контроль самостоятельной работы			6	
Экзамен	36			
ИТОГО: 252 часа	36	96	6	78

Тема 1. Стратегия и тактика органического синтеза.

Теоретические расчеты возможности осуществления синтеза. Возможность протекания органической реакции. Термодинамическая допустимость реакции. Применение термодинамических потенциалов для определения возможности протекания химических реакций. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Расчет ΔG и ΔF на конкретных примерах. Использование значений константы равновесия. Наличие канала реакции. Термодинамический и кинетический контроль.

Стратегия и тактика органического синтеза. Возможности органического синтеза. Работы Вудворда Р. Развитие теории и методология органического синтеза. Работы Е.Кори. Основные факторы при планировании синтеза. Стоимость и доступность реагентов, число промежуточных стадий, выход продуктов на каждой из стадий, время реакции и т.д. Варианты стратегии синтеза: синтетическое направление, ретросинтетическое направление, ассоциативный анализ. Понятие ретросинтетической схемы, синтетического дерева, синтона, синтетического эквивалента, трансформации расчленения, трансформации функциональной группы, ретросинтетическо-

го анализа. Нуклеофильные синтоны и их синтетические эквиваленты. Электрофильные синтоны и их синтетические эквиваленты. Алгоритм ретросинтетического подхода к планированию синтеза.

Методы конструирования молекул. Синтезы с увеличением углеродной цепи. Метод фрагментации. Общие способы увеличения углеродной цепи. Синтезы с уменьшением углеродной цепи. Реакции ароматизации. Защитные группы.

Тема 2. Лабораторные методы и приемы органического синтеза.

Общие правила поведения и работы в лаборатории. Правила работы с минеральными и сильными органическими кислотами, щелочами. Особенности работы с ядовитыми веществами: пиридином, диоксаном, тетрагидрофураном, метиловым спиртом, бензолом, толуолом, формальдегидом, дихлорэтаном, хлорангидридами низших кислот, диметлсульфатом, хлором, бромом, оксидами азота, сероводородом, оксидом серы (IV), галогеноводородами, ртутью, ароматическими нитросоединениями и аминами, фенолами и др. Правила техники безопасности при работе с горючими и легко воспламеняющимися летучими веществами: диэтиловым эфиром, петролейным эфиром, спиртами, ацетоном, бензином, бензолом и др. Правила работы со взрывоопасными веществами: металлическим натрием и калием, амидом натрия, ацетиленом, водородом, кислородом, полинитросоединениями, пероксидами и др. Правила работы на вакуумных установках и под давлением. Правила техники безопасности при работе с газовыми баллонами. Правила работы со стеклом.

Измельчение. Химическая посуда, используемая для измельчения веществ, правила работы с ней. Работа с кристаллогидратами.

Растворение. Факторы, влияющие на скорость растворения. Перемешивание с помощью магнитной и механической мешалок. Правила работы с прибором для механического перемешивания. Влияние температуры. Коэффициент растворимости. Различные виды зависимости растворимости органических и неорганических веществ от температуры.

Выделение веществ из растворов. Кристаллизация. Скорость охлаждения. Выпаривание. Недостатки выпаривания как метода выделения веществ. Посуда для выпаривания. Правила работы с платиновой посудой. Отгонка растворителя при пониженном давлении. Схема и принцип действия вакуумной установки. Выделение из растворов кристаллогидратов. Выбор экстрагента. Высаливание. Ряды высаливающей активности катионов и анионов. Экстракция. Теоретические основы метода. Константа распределения. Условия экстрагирования. Многократная экстракция.

Фильтрование. Правила подбора фильтрующего материала. Фильтрование при обычном и пониженном давлении. Правила работы с установкой для фильтрования. Колба Бунзена, воронка Бюхнера, насос Камовского, водоструйный насос.

Высушивание. Физические методы. Испарение, нагревание, вымораживание. Высушивание с помощью химических осушителей. Их классификация. Основные осушители. Их характеристики. Осушающая эффективность, осушающая емкость. Осушители, образующие гидраты. Использование CaCl_2 , CuSO_4 . Особенности работы с H_2SO_4 , щелочами. Осушители, вступающие в химическое взаимодействие с водой. Пентаоксид фосфора, оксиды кальция, бария, щелочные металлы, гидрид кальция. Осушители - адсорбенты. Преимущества использования осушителей данного типа. Селикагели. Получение, регенерация, эффективность. Цеолиты. Молекулярные сита. Высушивание под вакуумом. Теоретические основы вакуумирования. Типы эксикаторов. Вакуумирование при нагревании. Сушильный «пистолет» Фишера. Высушивание кристаллогидратов.

Методы очистки химических веществ. Очистка твердых веществ. Перекристаллизация. Выбор растворителя. Методика проведения перекристаллизации. Возгонка. Теоретические основы метода. Преимущества возгонки в сравнении с перекристаллизацией. Зонная плавка. Физические основы метода. Аппаратура. Применение.

Очистка жидких веществ. Способы перегонки. Перегонка при атмосферном давлении. Физико-химические основы метода. Аппаратура. Перегонка с водяным паром. Вакуумная перегонка.

Идентификация химических соединений. Определение важнейших констант. Калибрование термометров. Определение температуры плавления и кипения. Смешанная проба для твердых веществ. Тонкослойная хроматография. Подбор элюента. Методика хроматографирования. Определение молекулярной массы. Определение плотности и показателя преломления жидкого вещества.

Основная справочная и реферативная литература и пользование ею. Справочник Бельштейна. Основные принципы построения и правила пользования справочником. Реферативные журналы «РЖ-химия» и «Chemical Abstracts». Основные принципы построения журналов и указателей. Правила пользования указателями. Периодические химические журналы. Справочная литература. Система поиска данных по синтезу и свойствам химических соединений в Internet.

Ведение рабочего журнала. Форма записи в рабочем журнале. Расчет синтеза. План синтеза. Определение констант и выхода продукта реакции. Схема установки. Отчет.

Тема 3. Реакции нитрования.

Определение реакции. Нитрование алифатических углеводородов. Механизм, условия. Селективность реакции Коновалова. Парофазное нитрование алканов. Механизм. Работы Титова. Нитрование ароматических углеводородов. Электрофильный механизм реакции нитрования. Условия образования катиона нитрония. Нитрующие агенты. Нитрующие смеси. Смесь Степанова. Ацетилнитрат, бензоилнитрат, правила работы с ними. Тетрафторборат нитрония, оксиды азота. Условия проведения нитрования. Влияние строения субстрата на ход реакции нитрования. Нитрование бензола (условия введения одной, двух и трех нитрогрупп); алкильных производных бензола (пространственные затруднения); галогенпроизводных влияние природные галогена на соот-

ношение орто- и пара- изомеров); фенолов(разделение орто- и пара- нитрофенолов); ароматических альдегидов и кислот; нафталина (строение σ - комплексов при α - и β - замещении); антрацена. Получение полинитрофенолов. Пикриновая кислота. Нитрование ароматических аминов: получение орто-, мета- и пара- нитроаминов. Способы выделения нитросоединений. Идентификация нитросоединений. Техника безопасности при проведении реакций нитрования.

Тема 4. Реакции сульфирования.

Определение реакции. История получения первых сульфокислот. Электрофильный механизм реакции сульфирования. Сульфорирующие агенты. Работы А.Е. Шилова. Особенности реакции сульфирования: образование биполярного σ -комплекса, изотопный эффект, обратимость. Способы смещения равновесия в сторону увеличения выхода сульфокислоты. Сульфирование в присутствии тионилхлорида. Способы удаления воды. Добавление серного ангидрида. Отгонка воды в виде азеотропных смесей. Побочные реакции. Десульфирование, окисление, образование сульфонов. Сульфорирующие реагенты. Купоросное масло, моногидрат, олеум, хлорсульфоновая кислота, пиридин- и диоксансульфотриоксиды. Влияние условий на направление реакции сульфирования. Влияние температуры на соотношение орто- и пара- изомеров при сульфировании алкиларенов, α - и β - производных при сульфировании нафталина. Продолжительность проведения сульфирования. Концентрация сульфорирующих агентов. Действие катализатора. Сульфирование бензола (условия введения одной, двух и трех сульфогрупп), толуола, фенолов, нафталина (механизм). Особенности реакции сульфирования первичных ароматических аминов («метод запекания»). Реакции сульфохлорирования. Методы выделения сульфокислот из реакционной смеси. Высаливание, осаждение серной кислоты в виде бариевой соли. Свойства сульфокислот. Идентификация сульфопроизводных. Сульфохлориды. Сульфамиды. Техника безопасности. Промышленное значение сульфокислот.

Тема 5. Прямое и не прямое галогенирование.

Определение реакции. Прямое галогенирование. Замещение атома водорода на галоген в алканах, аренах; присоединение галогена или галогенводорода по кратным связям. Механизмы реакций прямого галогенирования: радикальное замещение в алканах, галогенирование алкиларенов, аллильное галогенирование, галогенирование алициклических соединений; радикальное присоединение; электрофильное замещение в аренах; электрофильное присоединение к непредельным соединениям, алициклам.

Реакции радикального замещения. Прямое фторирование. Особенности реакции фторирования. Реакция Финкельштейна. Синтез хладагентов. Иодирование. Обратимость реакции. Смещение равновесия при действии HgO , H_2O_3 . Бромирование, хлорирование алканов. Радикальное замещение. Действие пероксида бензоила. Методика фотохлорирования. Бромирование алканов. Селективность реакции бромирования.

Радикальное галогенирование в аллильное положение алкенов. Бромирование алкенов бромсукцинимидом. Хлорирование алкенов хлором при высоких температурах. Работы Львова М.Д.

Радикальное присоединение. Пероксидный эффект М.Караша

Электрофильное присоединение к алкенам. Зависимость скорости галогенирования и гидрогалогенирования от электрофильных (кислотных) свойств атакующих агентов и нуклеофильных (основных) свойств субстратов. Ряды активности алкенов, галогенводородов, галогенов. Электрофильное галогенирование ароматических углеводородов. Бромирование, хлорирование в присутствии катализаторов. Льюисовы кислоты, перхлорат калия, иод, диоксан. Галогенирование в полярных растворителях. Галогенирование бензола, алкиларенов (влияние условий на место вхождения атакующей частицы), фенолов, анилина.

Галогенирование карбонильных соединений. Кинетические закономерности реакции. Механизм реакции галогенирования кетонов и альдегидов. Галоформная реакция.

Не прямое галогенирование. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген действием галогенводородных кислот. Зависимость реакционной способности спиртов от их строения (от длины углеродной цепи и от положения гидроксильной группы при первичном, вторичном и третичном атоме углерода). Реакция Лукаса. Сравнение нуклеофильной активности анионов галогенов и реакционной способности галогенводородных кислот. Замещение гидроксильной группы в спиртах и карбоновых кислотах на галоген действием галогенангидридов неорганических кислот. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных спиртов с хлоридом фосфора(V) и хлоридом фосфора(III). Образование промежуточных продуктов – сложных эфиров. Реакция спиртов со смесью красного фосфора (брома или иода). Взаимодействие спиртов с хлористым тиониллом. Замещение атома кислорода карбонильной группы на галоген. Синтез галогенаренов из солей диазония. Получение хлор-, бром- и иод- производных реакцией Зандмейера. Реакция Шимана. Идентификация галогенпроизводных. Техника безопасности. Промышленное значение арилхлоридов.

Тема 6. С-, N-, O- алкилирование.

Определение реакции. С-, N-, O- алкилирование. Алкилирующие агенты. Алкилгалогениды, спирты, алкены. Алкил- и диалкилсульфаты. Техника безопасности при работе с ними. Алкиловые эфиры бензол- и толуолсульфокислот. Алкилирование ароматических углеводородов галогеналкилами. Реакция Фриделя - Крафтса. Механизм, катализаторы. Активирование алкилгалогенидов кислотами Льюиса. Сравнение электрофильной активности первичных, вторичных и третичных алкилгалогенидов. Влияние ковалентного радиуса галогена на реакционную способность RNaI . Побочные процессы при алкилировании по Фриделю – Крафтсу: полиалкилирование, дезалкилирование, изомеризация алкилирующего агента. Стерические препятствия при алкилировании третичными RNaI . Обратимость реакции алкилирования.

Алкилирование олефинами и спиртами. Активирование олефинов и спиртов протонными кислотами и кислотами Льюиса. Методика проведения алкилирования. Выделение алкиларенов. О-алкилирование. Механизм реакции. Получение простых эфиров в присутствии сильных минеральных кислот. Побочная реакция - образование олефинов (элиминирование). Влияние строения спирта на выход простых эфиров. Техника безопасности. Применение алкилпроизводных.

Тема 7. С-, N-, O- ацилирование.

Определение реакции. Применение реакции ацилирования. Ацилирующие агенты. Сравнение реакционной способности ацилирующих агентов. Активирование карбонильных соединений кислотами Льюиса. С- ацилирование. Электрофильный механизм реакции. Методика ацилирования. Выделение продуктов ацилирования. Ориентация входящей ацильной группы. Ацилирование фенолов с предварительной защитой через образование простых эфиров фенолов. Получение фенилкетонов перегруппировкой сложных эфиров фенолов (перегруппировка Фриса). Влияние температуры и растворителя на выход продуктов о- и п- замещения. Синтез ароматических альдегидов (формилирование) по реакции Гаттермана – Коха. Формилирование алкиларенов, галогенаренов.

Карбоксилирование фенолов диоксидом углерода в щелочной среде (промышленный способ получения салициловой кислоты по Кольбе - Шмитту).

N- и O- ацилирование. Ацилирование спиртов, фенолов и аминов. Нуклеофильный механизм реакции. Общая схема реакций этерификации и амидирования. Особенности реакции. Обратимость, способы смещения равновесия. Условия реакции. Температура, соотношение реагентов, время реакции. Ацилирование фенолов в щелочной среде (метод Шоттен-Баумана). Механизм ацилирования салициловой кислоты уксусным ангидридом (синтез ацетилсалициловой кислоты). Роль серной кислоты. Ацилирование аммиака и аминов. Ацилирование ароматических аминов хлорангидридами и ангидридами кислот (механизм реакции).

Тема 8. Реакции диазотирования.

Диазотирующие агенты. Схемы образования электрофильных диазотирующих агентов (нитрозадий катиона, нитрозилхлорида, оксида азота (III), катиона нитрозония); сравнение их активности. Механизм реакции диазотирования первичных ароматических аминов различными электрофильными диазотирующими агентами. Условия реакции диазотирования и контроль за ходом реакции. Роль минеральной кислоты, связь между концентрацией минеральной кислоты и основностью диазотируемого амина; влияние на скорость реакции диазотирования растворимости аминов и их солей. Температурные условия реакции. Контроль за ходом диазотирования с помощью индикаторных бумажек (конго красного и иодкрахмальной бумажкой). Способы удаления из раствора избытка азотистой кислоты. Побочные реакции при диазотировании (образование диазоаминосоединений, гидролиз солей диазония, разложение азотистой кислоты) и методы их предотвращения. Способы диазотирования: "прямой" и "обратный" методы диазотирования, диазотирование аминов со слабо выраженными основными свойствами. Методы выделения солей диазония из растворов: способ Кневенагеля, осаждение солей арилдиазония в виде комплексных ("двойных") солей (примеры).

Соли диазония в органическом синтезе. Термическое разложение солей диазония (S_N1 - механизм). Реакции замещения диазогруппы на гидроксил, алкоксильную группу, фтор (реакция Шимана). Замещение диазониесвой группы на водород (окислительно-восстановительные реакции). Конкурирование реакций замещения и окисления-восстановления при нагревании солей диазония со спиртами (влияние pH-среды на направление реакции). Синтезы симметричного трибромбензола из анилина, м-нитротолуола из п-толуидина. Замещение диазогруппы на иод; механизм реакции (образование в промежуточной стадии ион-радикала и арил-радикала).

Замещение диазогруппы на хлор, бром, цианогруппу (реакции Зандмейера). Роль солей меди (I) в этих реакциях, образование в промежуточных стадиях свободных радикалов. Модификация реакции Зандмейера - метод Гаттермана. Синтез замещенных дифенилов по реакции Гомберга - Бахмана - Хейя (замещение диазогруппы на арильные радикалы). Реакции арилирования по Меервейну (взаимодействие солей диазония с α -, β -ненасыщенными карбонильными соединениями; радикальный механизм). Реакции солей диазония, идущие без выделения азота. Восстановление диазосоединений до арилгидразинов. Образование диазоаминосоединений.

Тема 9. Азосочетание.

Диазосоставляющая и азосоставляющая в реакции азосочетания. Механизм (S_E2) реакции азосочетания. Влияние электроноакцепторных и электронодонорных заместителей в ароматическом ядре на электрофильную активность диазокатиона. Условия сочетания солей диазония с фенолами и аминами (pH-среды, температура). Азо-гидразониевая таутомерия азокрасителей; азоформы и хинонгидразонные формы. Зависимость соотношения таутомерных форм азокрасителей от природы растворителя, от pH раствора и от характера заместителей в молекуле азокрасителя. Объяснение индикаторных свойств некоторых азокрасителей азо-гидразонной таутомерией (на примерах гелиантина, конго красного, метилового красного).

Тема 10. Типы конденсаций в органическом синтезе.

Определение реакций конденсации. Классификация реакций конденсации. Альдольно-кетоновая конденсация. Механизм, действие катализатора, условия. Работы А.Бородина. Взаимодействие различных карбонильных соединений алифатического ряда. Правила альдольной конденсации. Перекрестная альдольная конденсация. Правило Виттига. Основные условия селективного протекания альдольной конденсации. Побочные реакции альдольной конденсации: участие в конденсации продукта альдольной конденсации, продукта кетоновой конденсации, внутримолекулярные циклизации, реакция Михаэля. Конденсация алифатических альдегидов и кетонов с алифатическими соединениями, содержащими сильные электрофильные группы. Реакция Кляйзена-Шмидта

на примере взаимодействия бензальдегида с ацетоном - синтез дибензальацетона. Механизм, действие катализатора. Реакция Перкина на примере взаимодействия бензальдегида с уксусным ангидридом - синтез коричной кислоты. Влияние катализатора, природы катиона на скорость конденсации. Бензоиновая конденсация. Получение бензоина, механизм реакции, влияние катализатора. Конденсация ароматических альдегидов с фенолами и третичными ароматическими аминами. Синтез малахитового зеленого. Реакция конденсации сложных эфиров - конденсация Кляйзена. Конденсация сложных эфиров между собой. Ацетоуксусный эфир. Механизм образования. Строение. Кетоенольная таутомерия. Конденсация сложных эфиров с кетонами. Ацетилоацетон. Механизм образования. Конденсация сложных эфиров с соединениями, имеющими подвижные атомы водорода.

Тема 11. Реакции окисления.

Определение реакции. Основные окислители в органическом синтезе. Окисление алканов. Особенности реакции окисления алканов. Окисление высших и низших алканов при средних температурах. Окисление метана, этана, пропана и бутана. Образование гидропероксидов. Работы А.Н. Баха, механизм образования гидропероксидов. Свойства, устойчивость гидропероксидов в зависимости от строения алкильного радикала. Применение гидропероксидов в полимерной промышленности, в качестве добавок – детонаторов.

Окисление алкенов. Реакции окисления с сохранением углеродного скелета: эпоксицирование и гидроксильное. Эпоксицирование – реакция Н.А.Прилежаева, Механизм образования эпоксидов (оксиранов). Используемые в синтезе перкислоты. Синтез оксида этилена. Син-гидроксильное. Получение гликолей, реакция Е.Е. Вагнера. Условия реакции: температура, рН среды, концентрация реагентов, стереоселективность реакции. Механизм реакции Вагнера. Синтез гликолей под действием ацетата свинца(IV), осмиевого ангидрида. Реакции окисления алкенов с разрывом углерод-углеродных связей. Реакция Гарриеса. Свойства озонидов, устойчивость. Окислительное и восстановительное озонирование. Окисление под действием активных окислителей, получение карбоновых кислот, кетонов. Синтез адипиновой кислоты из циклогексана.

Окисление алкинов. Окисление алкинов под действием сильных окислителей. Получение щавелевой кислоты. Окислительное сочетание – реакция Глазера-Эглинтонна.

Окисление спиртов. Окисление первичных спиртов. Способы защиты образующихся альдегидов: отгонка легкокипящих альдегидов, образование диацетатов, синтез в гетерогенных системах (добавление эфира), использование мягких окислителей. Реагент Саррета-Коллинза, реагент Кори. Окисление вторичных спиртов дихроматом калия, механизм реакции. Селективность действия реагента Джонса. Реакция Опенауэра. Окисление многоатомных спиртов с предварительной защитой оксигруппы, синтез глицериновой кислоты. Каталитическое дегидрирование спиртов. Деструктивное окисление вторичных спиртов (синтез адипиновой кислоты из циклогексанола).

Окисление карбонильных соединений. Селективное действие окислителей в реакциях карбонильных соединений. Окисление глюкозы до сахарной кислоты, окисление фурфурола, синтез пропаноналя, 2,3-диоксипропаноналя. Окисление кетонов. Правило Попова. Енолизация кетонов в кислой и щелочной средах.

Окисление ароматических углеводородов. Окисление с расщеплением ароматического кольца, синтез малонового и фталевого ангидридов. Окисление без расщепления ароматического кольца, расщепление хинонов. Сравнительная оценка устойчивости к окислению бензола и конденсированных ароматических систем, синтез антрахинона, нафтохинона. Получение бензохинона окислением фенола, анилина, гидрохинона, п-фенилендиамина. Синтез п-бензохинона в промышленности (окислители) и в лабораторных условиях (окислители). Механизм окисления гидрохинона в кислой и щелочной средах, образование анион-радикала семихинона и хингидрона. Окисление боковых цепей в ароматических соединениях. Синтез ароматических кислот. Условия реакции (химическое и каталитическое окисление). Окисление метиленовых групп, синтез бензофенона.

Тема 12. Реакции восстановления.

Определение реакции. Типы реакций восстановления: гидрирование, элиминирование, гидрогенолиз. Основные восстановители в органическом синтезе.

Восстановление непредельных углеводородов. Каталитическое гидрирование алкенов. Гетерогенное гидрирование, катализаторы, стереоселективность. Гомогенное каталитическое гидрирование, катализаторы для гомогенного катализа. Восстановление иодистым водородом в присутствии красного фосфора. Восстановление диеновых углеводородов; синтез гидрокоричной кислоты. Реакция Вышнеградского - восстановление гетероциклических углеводородов. Каталитическое гидрирование алкинов. Селективное действие катализаторов.

Восстановление кислородсодержащих соединений. Восстановление алифатических спиртов НУ; восстановление ароматических первичных, вторичных и третичных спиртов; оценка устойчивости их к окислению. Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов при каталитическом гидрировании, под действием комплексных гидридов. Селективность действия алюмогидрида лития и тетрагидридобората натрия.

Восстановление карбонильных соединений с образованием спиртов. Условия реакции. Основные и побочные реакции при восстановлении бензальдегида различными восстановителями. Гидробензоиновая конденсация. Механизм реакции при действии алюмогидридом лития. Условия восстановления алифатических альдегидов и кетонов до алканов. Реакция Вольфа-Кижнера. Реакция Клеменсена. Окислительно-восстановительные реакции карбонильных соединений. Реакция Меервейна-Понндорфа-Оппенауэра-Верлея. Синтез коричневого спирта, трихлор- и трибромэтанола. Окислительно-восстановительное диспропорционирование. Реакция Каннищаро. Механизм реакции. Диспропорционирование бензальдегида, фурфурола. Реакция Тищенко. Механизм реакции. Условия катализатора. Реакция Тищенко с использованием разных альдегидов.

Восстановление карбоновых кислот. Восстановление до альдегидов. Использование в качестве восстановителя муравьиной кислоты. Метод Пириа. Восстановление кислот до первичных спиртов алюмогидридом лития. Реакция Буво и Блана. Восстановление высших жирных кислот до алканов. Восстановление производных карбоновых кислот. Восстановление галогенангидридов, амидов. Реакция Розенмунда. Механизм реакции Брауна и Субба Рао. Восстановление нитрилов.

Восстановление ароматических нитросоединений. Реакция Зинина. Каталитическое восстановление водородом на никеле Ренея; химическое восстановление. Восстановление в кислой и щелочной средах. Способы получения азоксибензола, гидробензола, фенолгидроксиламина. Восстановление ароматических ди- и тринитросоединений боргидридами щелочных металлов. Условия реакции. Восстановление 2,4,6-тринитротолуола (тротила) до 2,4,6-тринитрометилциклогексана, 2,4,6-триаминометилциклогексана.

Тема 13. Нуклеофильное аминирование.

Определение реакции. Амимирующие агенты. Амимирование галоидных алкилов - реакция Гофмана. Механизм и условия проведения. Синтез α - и β -аминокислот. Механизм нуклеофильного замещения галогена на аминогруппу в ароматическом ряду. Амимирование спиртов. Синтез метиламина из метанола. Амимирование фенолов. Амимирование резорцина, образование кетиминной структуры. Амимирование неактивированных арилгалогенидов. Ариновый механизм реакции. Синтез аминов из альдегидов, кетонов и производных карбоновых кислот (амидов, нитрилов, гидразидов, гидраксамоновых кислот). Механизм и условия проведения перегруппировок. Получение аминов гидролизом изоцианатов. Синтез амидов кислот.

Тема 14. Реакции гидроксирования.

Определение реакции. Гидроксимирующие агенты. Механизмы нуклеофильного замещения галогена в галогеналкилах на оксигруппу. Условия проведения реакции. Замена галогена в зависимости от природы субстрата, уходящей группы, растворителя. Использование катализатора, температуры, давления. Реакции нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Обмен на гидроксигруппу галогенов, сульфо- и аминогрупп. Механизм нуклеофильного замещения галогена в неактивированных электроноакцепторными заместителями (кинемеханизм). Механизм бимолекулярного нуклеофильного замещения в ароматическом ряду (S_N ар). Строение анионных σ -комплексов Мейзенгеймера. Стабилизация их электроноакцепторными заместителями.

Тема 15. Реакции циклизации и ароматизации.

Специфика задач при синтезе циклических соединений. Обычные методы ациклической химии в построении циклических систем. Малые циклы: производные циклопропана и циклобутана. Пяти- и шестичленные циклы. Циклы большого размера. Принцип макроциклизации. Эффекты многоцентровой координации. [4+2]-Циклоприсоединение. [2+2]-Циклоприсоединение в синтезе производных циклобутана. Радикальные реакции и их роль в синтезе циклических соединений. Реакции ароматизации алканов и алкинов.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов по дисциплине представлены в модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде Moodle.

Для самостоятельной проработки материала в течение семестра студентам рекомендуется ряд учебно-методических пособий:

1. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - М.: Бином, 2009. - 750 с.
2. Березин, Б. Д. Курс современной органической химии [Текст]: учебное пособие для вузов / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин, 2-е изд., исправлен. - М.: Высшая школа, 2003. - 768 с.
3. Шахкельдян, И. В. Органический синтез [Текст]: методическое пособие для самостоятельной работы студентов специальности Химия /И.В. Шахкельдян, Ю.М. Атрощенко, И.Е. Якунина. - Тула: Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2005. - 108 с.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Формирование компетенций «владение навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических ве-

ществ и реакций» (ОПК-2), «знание норм техники безопасности и умение реализовать их в лабораторных и технологических условиях» (ОПК-6), «способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач» (ПК-8), «владение навыками расчета основных технических показателей технологического процесса» (ПК-9), «способностью анализировать причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупреждению и устранению» (ПК-10), «владение навыками планирования и организации работы структурного подразделения» (ПК-11), «способностью принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий» (ПК-12) осуществляется в несколько этапов в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП, соотнесенными с планируемыми результатами обучения по каждой дисциплине (модулю) и практике.

6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Дескриптор компетенций	Показатели оценивания	Критерии оценивания
владение навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2)		
Знания	Основных методов синтеза, выделения и очистки органических соединений; правил выбора оптимального пути синтеза органических соединений; физико-химических способов идентификации соединений;	Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на экзамене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене
Умения	выбирать оптимальный путь синтеза органических соединений	
Навыки и (или) опыт деятельности	определения физико-химических констант полученного соединения;	
знание норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6)		
Знания		Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на экзамене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене
Умения		
Навыки и (или) опыт деятельности	навыками работы с лабораторным оборудованием; навыками проведения основных операций при выделении и очистке веществ	
способность использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач (ПК-8)		
Знания		Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на эк-

Органический синтез		Б1.В.04
Умения	использовать основные закономерности и фундаментальные химические понятия органического синтеза при реализации задач получения органических соединений	замене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене
Навыки и (или) опыт деятельности		
владение навыками расчета основных технических показателей технологического процесса (ПК-9)		
Знания		Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на экзамене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене
Умения		
Навыки и (или) опыт деятельности	навыками расчета основных показателей, характеризующих возможность протекания процессов в органическом синтезе	
способность анализировать причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупреждению и устранению (ПК-10)		
Знания		Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на экзамене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене
Умения	анализировать причины нарушений параметров технологического процесса	
Навыки и (или) опыт деятельности		
владение навыками планирования и организации работы структурного подразделения (ПК-11)		
Знания		Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на экзамене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий
Умения		
Навыки и (или) опыт деятельности	навыками планирования и организации работы в коллективе	

Органический синтез		Б1.В.04
		тий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене
способность принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий (ПК-12)		
Знания		Отметка «зачтено» на зачете и положительная оценка на экзамене выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов.
Умения	принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий	
Навыки и (или) опыт деятельности		Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольной работы, тестирования, проверки самостоятельных творческих заданий, на экзамене

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Типовые тестовые задания

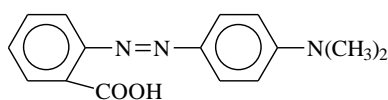
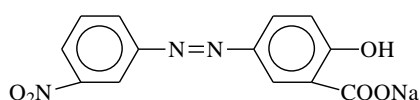
- Нитрование ароматических углеводородов протекает по механизму:
а) S_N ; б) A_N ; в) S_E ; г) S_R ; д) A_E .
- Нитрование алифатических углеводородов в реакции Коновалова осуществляется по механизму:
а) S_R ; б) S_E ; в) A_R ; г) S_N ; д) A_E .
- Атакующим агентом в реакции электрофильного нитрования является:
а) нитрозоний катион;
б) нитроний катион;
в) нитрат-ион;
г) нитрит-ион;
д) NO_2 -радикал.
- Условия реакции Коновалова:
а) 20 °C, HNO_3 конц.;
б) 450 °C, NO_2 ;
в) 140 °C, HNO_3 разб.;
г) 140 °C, HNO_3 конц.;
д) $KNO_3 + H_2SO_4$.
- Радикальное нитрование алканов в условиях реакции Коновалова протекает:
а) не селективно;
б) по первичному атому углерода;
в) по вторичному атому углерода;
г) по наименее гидрогенизированному;
д) по всем первичным атомам углерода.
- Какие из перечисленных реакций относятся к прямому галогенированию:
а) взаимодействие пропина с HI ;
б) взаимодействие пропанола-1 с HI ;
в) действие бромной воды на анилин;
г) действие брома в щелочной среде на ацетон;
д) действие KI на пропановую кислоту.
- Какая из перечисленных реакций относится к непрямому галогенированию:
а) взаимодействие пропена с бромсукцинимидом;
б) высокотемпературное хлорирование бутена-2;
в) иодирование пентанола-2 в щелочной среде;

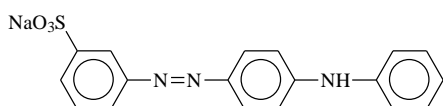
- г) разложение фенилдиазонийхлорида в присутствии иодида калия;
д) каталитическое бромирование толуола.
8. Механизм галогенирования алкиларенов в боковую цепь:
а) S_E ; б) A_N ; в) S_R ; г) A_E ; д) S_N .
9. Какие из перечисленных сульфорирующих агентов необходимо использовать для сульфирования неустойчивых, нестабильных соединений:
а) хлорсульфоновая кислота;
б) моногидрат;
в) пиридинсульфотриоксид;
г) диоксансульфотриоксид;
д) олеум.
10. Необходимо провести сульфирование нитробензола. Какой сульфорирующий агент для этого будет Вами использован:
а) 92% H_2SO_4 ;
б) 98% H_2SO_4 ;
в) пиридинсульфотриоксид;
г) 10% олеум;
д) диоксансульфотриоксид.
11. Какие катализаторы проявляют наибольшую активность в гетерогенном гидрировании алкенов:
а) Ni; б) Pt; в) Pd/C; г) Ru; д) Os.
12. Катализатором для гомогенного гидрирования является:
а) Pd/C; б) $RhCl_3$; в) трис(трифенилфосфин)родийхлорид; г) Pd/BaSO₄; д) Pt.
13. Какое из соединений наиболее активно в реакции гидрирования:
а) пропен;
б) пентен-1;
в) пентадиен-1,4;
г) бутадиев-1,3;
д) 3-фенилпропеновая кислота.
14. С помощью какого катализатора можно осуществить селективное восстановление алкинов до алкенов:
а) Ni/Ренея;
б) катализатор Линдляра;
в) платиновая чернь;
г) Pd/C;
д) Os.
15. Какие из предложенных систем являются катализатором Линдляра:
а) Pd/BaSO₄, дезактивированный хинолином ;
б) сплав Ni+Al, обработанный щелочью;
в) мелкодисперсный палладий, нанесенный на уголь;
г) Pd/CaCO₃, дезактивированный $Pb(CH_3COO)_2$;
д) платиновая чернь.
16. Используя правило Виттига, определите, какой продукт будет получен в качестве основного, если в альдольную конденсацию вступили ацетон и пентаналь:
а) 4-метил-4-гидроксипентанон-2;
б) 4-гидроксиоктанон-2;
в) 2-пропил-3-гидроксигептаналь;
г) 2-пропил-4-оксопентаналь;
д) 7-оксооктаналь.
17. Основным продуктом кротоновой конденсации ацетона и пентанала будет:
а) 2-пропилгептен-2-аль;
б) 3-метил-2-пропилбутен-2-аль;
в) октен-3-он-2;
г) пентен-3-он-2;
д) 6-метил-5-гептеналь.
18. Какие из альдегидов в реакции альдольной конденсации могут выступать только в качестве карбонильной компоненты:
а) п-нитробензальдегид;
б) формальдегид;
в) трихлоруксусный альдегид;
г) 2,2-дихлорпропеналь;
д) пропаналь.

19. В каких случаях реакция альдольной конденсации будет завершаться образованием одного конечного продукта:
- пропаналь + бутаналь;
 - пропанон + бутанон;
 - пропанон + метаналь;
 - хлораль + бутанон;
 - этаналь + метаналь.
20. В конденсации Клайзена-Шмидта вступили бензальдегид и пропаналь. Какой продукт будет обнаружен в реакционной системе по окончании реакции:
- 2-метил-3-фенилпропеналь;
 - 4-фенил-3-бутеналь;
 - фенил- α -гидроксипропилкетон;
 - 2-метил-3-гидрокси-3-фенилпропаналь.

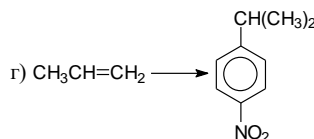
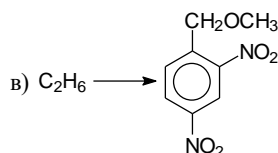
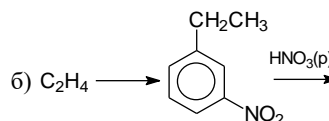
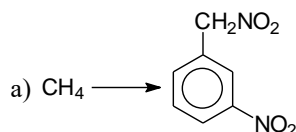
Примерные темы индивидуальных проектных заданий

- Алкан C_6H_{14} может быть получен восстановлением по Клеменсену (Zn/HCl) пяти различных алкилхлоридов ($C_6H_{13}Cl$). Напишите структурные формулы алкана и упомянутых алкилхлоридов.
- Установите строение алкилиодида, который при нагревании с иодистоводородной кислотой дает изобутан, а с металлическим натрием образует 2,5-диметилгексан.
- Три различных алкена при каталитическом гидрировании образуют 2-метилбутан. Напишите уравнения реакций.
- Какие четыре циклоалкена при гидрировании образуют метилциклопентан.
- Определите строение вещества, имеющего брутто-формулу C_5H_{10} , каталитическое гидрирование которого дает 2-метилбутан, а гидробромирование в присутствии H_2O_2 с последующей обработкой натрием приводит к 2,7-диметилоктану.
- Что происходит с альдегидами, не содержащими атом Н при α -углеродном атоме (формальдегидом, триметилуксусным альдегидом, м-хлорбензальдегидом) в присутствии гидроксида натрия? Напишите уравнения реакций.
- Предложите схемы синтеза следующих соединений:
 - пирокатехина из о-нитрофенола
 - резорцина из нитробензола
 - 4,4'-диоксибифенила из бензидина
 - салициловой кислоты из антралиновой кислоты
 - аспирина из о-толуидина
 - м-фторанилина из нитробензола
 - п-фенилендиамина из п-нитротолуола
 - 4-нитрофенетола из нитробензола
 - м-анизида из нитробензола
 - п-бромфенола из бензола
- Напишите уравнения реакций образования красителей, если в качестве диазо- и азосоставляющих использовать:
 - сульфаниловую кислоту и диметиланилин
 - п-нитроанилин и 1-нафтол
 - м-толуидин и фенол
 - п-нитроанилин и салициловую кислоту
 - м-фенилендиамин и α -амино- β -нафтол.
- Из каких соединений в результате диазотирования и азосочетания были получены следующие азокрасители:





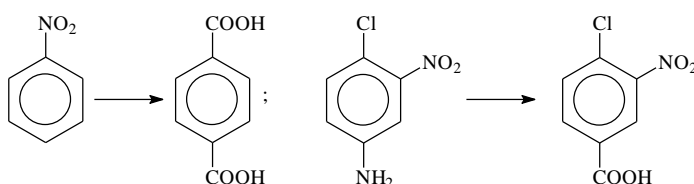
10. Предложите наиболее рациональный путь синтеза:



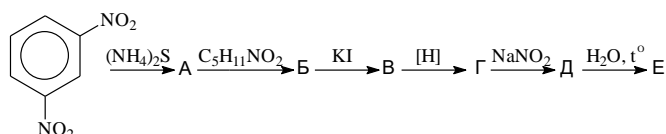
11. Предложите схемы синтеза следующих веществ:

- изофталевой кислоты из бензола;
- 4-нитроизофталевой кислоты из м-ксилола;
- 3-нитрофталевой кислоты из нафталина
- 3-фенилпропандиола-1,2 из бензола и пропилена;
- м-этилбензойной кислоты из бензола и этилена;
- ацетилендикарбоновой кислоты из бензола;
- малеинового ангидрида из циклогексана;
- щавелевой кислоты из бензола;
- глиоксаля из циклогексана;
- 2,4-дикарбоксибензолсульфокислоты из м-ксилола

12. Осуществите превращение:



13. Осуществите превращения:



14. Дайте названия и установите строение азотсодержащих соединений:

- $\text{C}_7\text{H}_7\text{N O}_2$, при окислении дает вещество кислого характера, при восстановлении, последующем диазотировании и нагревании с однохлористой медью образуется о-хлортолуол;
- $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$, при диазотировании, последующем нагревании в присутствии $\text{Cu}_2(\text{CN})_2$ и гидролизе дает карбоновую кислоту, при мононитровании которой образуется только один изомер;
- $\text{C}_{10}\text{H}_9\text{N}$, после диазотирования, обработки метанолом и окисления перманганатом калия превращается в 3-метоксифталевую кислоту;
- азокраситель, при восстановлении превращается в смесь п-толуидина и 1-окси-4-аминонафталина.

15. Дайте названия и установите строение азотсодержащих соединений:

- обработка азосоединения приводит к двум продуктам восстановления: 3-бром-4-аминотолуолу и 4-амино-2-метилфенолу;
- азокраситель при восстановлении дает смесь п-анизидина и N,N-диметиланилина;
- азокраситель при восстановлении превращается в смесь п-толуидина и 1-окси-4-аминонафталина.

Вопросы к экзамену

1. Лабораторные приемы, используемые в синтезе органических соединений (растворение, перемешивание, выделение из растворов, фильтрование, высушивание).
2. Методы выделения веществ из растворов.
3. Физические методы высушивания веществ.
4. Высушивание с помощью химических осушителей.
5. Высушивание под вакуумом.
6. Лабораторные методы очистки твердых веществ.
7. Методы очистки жидких веществ.
8. Фракционная перегонка.
9. Планирование и составление схемы синтеза органических соединений.
10. Ретросинтетический анализ. Понятия синтона, трансформации, ретросинтетического «дерева» реакции. Составление общей схемы синтеза, начиная с последней стадии, на конкретном примере.
11. Методы конструирования молекул. Синтезы с увеличением углеродной цепи. Метод фрагментации. Общие способы увеличения углеродной цепи.
12. Методы конструирования молекул. Синтезы с уменьшением углеродной цепи.
13. Методы конструирования молекул. Реакции ароматизации.
14. Расчет возможности протекания органических реакций.
15. Нитрование ароматических углеводородов. Механизм, условия, нитрующие агенты.
16. Нитрование алифатических углеводородов. Механизм, условия, нитрующие агенты.
17. Реакции сульфирования. Механизм, сульфлирующие агенты, побочные реакции, особенности реакции сульфирования.
18. Условия проведения сульфирования различных классов ароматических углеводородов, выделение арилсульфокислот, методы их идентификации.
19. Общая характеристика и классификация реакций галогенирования.
20. Реакции прямого галогенирования, протекающие по S_R механизму. Условия и особенности радикального галогенирования алканов, алкенов, алкинов, алициклических углеводородов.
21. Реакции прямого галогенирования, протекающие по A_E и A_R механизмам.
22. Механизм и особенности прямого галогенирования ароматических углеводородов.
23. Общая характеристика и примеры реакций непрямого галогенирования.
24. С-алкилирование. Условия, механизм, катализаторы, алкилирующие агенты, побочные реакции.
25. N- и O-алкилирование. Использование реакций N- и O-алкилирования в органическом синтезе.
26. Реакции ацилирования. Классификация, ацилирующие агенты. Ацилирование ароматических углеводородов. Особенности ацилирования фенолов.
27. Реакции этерификации и амидирования. Механизм, условия, особенности. Сравнительный анализ активности спиртов и аминов в реакции ацилирования.
28. Реакции диазотирования. Механизм, условия, способы диазотирования.
29. Использование солей диазония в органическом синтезе.
30. Синтез азосоединений, Механизм и условия реакции азосочетания.
31. Реакции окисления алканов. Механизм, условия, использование в органическом синтезе.
32. Классификация реакций окисления этиленовых углеводородов. Реакции Прилежаева, Вагнера, Гарриеса, синтез карбоновых кислот окислением алкенов.
33. Особенности реакции окисления первичных и вторичных спиртов.
34. Окисление карбонильных соединений. Примеры селективного действия окислителей в реакции с альдегидами.
35. Активность кетонов в реакциях окисления. Механизм реакции окисления кетонов в различных средах.
36. Окисление ароматических углеводородов. Классификация реакций окисления аренов, получение ароматических карбоновых кислот, хинонов.
37. Классификация реакций восстановления. Основные восстановители, используемые в органическом синтезе. Восстановление непредельных углеводородов.
38. Восстановление спиртов и карбонильных соединений. Условия, основные восстановители, влияние среды.
39. Восстановление карбоновых кислот и их производных.
40. Восстановление ароматических нитросоединений. Основные восстановители, условия, влияние среды на механизм восстановления.
41. Реакции конденсации. Классификация, механизм и правила альдольно-кетоновой конденсации.
42. Механизм и условия конденсации Клайзена, Перкина, бензоиновой конденсации.
43. Реакции аминирования алифатических и ароматических углеводородов.
44. Реакции нуклеофильного аминирования галогеналкилов.
45. Аминирование ароматических галогенариллов, протекающие по нуклеофильному и ариновому механизмам.
46. Реакции гидросилирования алифатических и ароматических углеводородов. Классификация реакций гидросилирования. Особенности гидросилирования галогеналкилов и галогенариллов.
47. Реакции гидросилирования ароматических сульфокислот. Влияние условий и строения сульфокислот.
48. Реакции гидросилирования солей диазония. Механизм, условия.
49. Способы получения ароматических углеводородов методами ароматизации, циклизации, тримеризации, дегидрирования.

50. Использование реакций циклоприсоединения в органическом синтезе.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Изучение дисциплины «Органический синтез» осуществляется в 7 и 8 семестре.

По дисциплине «Органический синтез» разработан комплекс учебно-методических материалов в печатном и электронном виде, выполняющий обучающую, информационно-справочную и контролируемую функции. В качестве контролирующей функции комплекс используется для текущего и промежуточного контроля успеваемости. Помимо этого, он полностью обеспечивает возможность самостоятельной работы студента по материалам курса. В комплекс входят следующие учебно-методические материалы: методические рекомендации по самостоятельной работе студентов (в электронном и печатном виде), краткий курс лекций (в электронном виде), тестовые задания, индивидуальные кейс-задания.

Лабораторные занятия, реализуемые в соответствии с тематическим планированием дисциплины (раздел 4), обеспечены методическими рекомендациями, представленными в печатном или электронном виде.

Учебно-методические материалы комплекса используются выборочно, в зависимости от потребности.

Оценивание знаний, умений и навыков студентов происходит согласно балльно-рейтинговой системе, которая выложена в электронном пространстве Moodle, для каждого этапа обучения.

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения лабораторных занятий, контрольных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий.

На зачете (7 семестр):

оценка «зачтено» выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 100 баллов.

На экзамене (8 семестр):

Оценка 3 («удовлетворительно») выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 61 до 76 баллов (при условии, что на экзамене набрано не менее 10 баллов);

Оценка 4 («хорошо») выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 77 до 90 баллов (при условии, что на экзамене набрано не менее 10 баллов);

оценка 5 («отлично») выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 91 до 100 баллов (при условии, что на экзамене набрано не менее 20 баллов).

Балльно-рейтинговая система оценки знаний.

№ п/п	Вид контроля знаний	Бальная оценка
1.	Выполнение синтеза по теме со сдачей синтезированного соединения (10 синтезов по 3 балла)	30 баллов
2.	Защита лабораторных работ (10 работ по 2 балла)	20 баллов
3.	Контрольные тематические диктанты (5 диктантов по 2 балла)	10 баллов
4.	Выполнение индивидуальных заданий по темам (6 тем по 2 балла)	12 баллов
5.	Тестовый контроль (4 темы по 2 балла)	8 баллов
Количество баллов в семестре:		80 баллов
Количество баллов на экзамене:		20 баллов
Баллы		Итоговая оценка
61-76		3 («удовлетворительно»)
77-90		4 («хорошо»)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - М. : Бином, 2009. - 750 с.
2. Березин, Б. Д. Курс современной органической химии [Текст]: учебное пособие для вузов / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин, 2-е изд., исправлен. - М.: Высшая школа, 2003. - 768 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Шахкельдян, И. В. Органический синтез [Текст]: методическое пособие для самостоятельной работы студентов специальности Химия /И.В. Шахкельдян, Ю.М. Атрощенко, И.Е. Якунина. - Тула: Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2005. - 108 с.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Национальный цифровой ресурс Руконт. Электронная библиотечная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rucont.ru>. – Загл. с экрана.
2. Университетская библиотека Он-лайн. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru>. – Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Ibooks.ru (“Айбукс”). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibooks.ru>. - Загл. с экрана.
4. Научная электронная библиотека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eLibrary.ru>. – Загл. с экрана.
5. SCIENCE ONLINE [Полнотекстовый мультидисциплинарный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciencemag.org>. - Загл. с экрана.
6. Естественнонаучный образовательный портал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.en.edu.ru>. - Загл. с экрана.
7. Библиотека химического факультета МГУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/library>. - Загл. с экрана.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного изучения дисциплины «Органический синтез» предлагается использовать разработанный комплекс учебно-методических материалов, включающих:

- курс лекций;
- задания для самостоятельной работы студентов;
- комплект текущих тестовых заданий и контрольных работ в электронном и печатном виде для контроля знаний по предмету на лабораторных занятиях и КСРС.

Лекции, читаемые преподавателем, являются основным ориентиром при изучении дисциплины. Методической основой освоения курса является рабочая программа по дисциплине «Органический синтез», который следует получить на сайте университета в сети интернет в модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде Moodle и использовать для подготовки к лабораторным занятиям, зачету и экзамену. Студенту необходимо вести конспекты, в которых необходимо отражать основные понятия, не только на основе лекций, но и на основе работы с основной, дополнительной литературой и интернет-источниками, выполнять задания для самостоятельной работы, предложенные преподавателем. С целью успешного освоения лекционного мате-

риала, по каждой теме студенты пишут контрольные диктанты

Готовясь к лабораторным занятиям, студенту необходимо изучить основную и дополнительную литературу по теме будущего занятия, подготовиться к выполнению лабораторной работы, оформить лабораторный журнал по разработанной схеме, выполнить задания для самостоятельной работы.

При изучении дисциплины «Органический синтез» студент должен получить представление об основных типах реакций, используемых в практике органического синтеза; освоить методы планирования схем получения органических соединений; овладеть основными методами и приемам проведения синтеза органических соединений, методами выделения, очистки и идентификации синтезированных веществ. Добиться этого позволяет большой лабораторный практикум. Работа считается выполненной, если получено целевое вещество должной степени чистоты. Каждая лабораторная работа должна быть защищена. В течение семестра студент выполняет индивидуальные теоретические задания, основным содержанием которых является составление схем синтезов разнообразных органических соединений.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются информационные технологии, охватывающие ресурсы (компьютеры, программное обеспечение и сети), необходимые для управления информацией (создание, хранение, управление, передача и поиск информации):

- технические средства: компьютерная техника и средства связи (ноутбук, проектор, экран, USB-накопители и т.п.);
- коммуникационные средства (проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты, личного кабинета студента и преподавателя);
- организационно-методическое обеспечение (электронные учебные и учебно-методические материалы, компьютерное тестирование, использование электронных мультимедийных презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий);
- программное обеспечение (Microsoft Office, Excel, Power Point, Word и т.д.), Skype, поисковые системы, электронная почта и т.п.);
- среда электронного обучения ТГПУ им. Л.Н. Толстого <http://moodle.tsput.ru>.

комплект лицензионного программного обеспечения

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian – Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
2. Программное обеспечение Microsoft Office XP Professional Win32 Russian– Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
3. Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian - Лицензия №46138962 от 16.11.2009 г.
4. Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian – Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г.

5. Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.

6. Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.

7. Комплексная Система Антивирусной Защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License – Лицензия № 1894-150512-101810 от 12-05-2015 г.

современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Компьютерная информационно-правовая система «Гарант» - регистрационный номер клиента 71-70685-000033.

2. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.

3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru>.

4. Портал "Информационно-коммуникационные технологии в образовании" <http://www.ict.edu.ru>.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованные мультимедийными средствами обучения.

2. Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий.

3. Компьютерные классы с доступом в интернет для работы с информационно-правовыми системами, в том числе «Гарант» и с доступом к электронно-библиотечной системе.

4. Аудитории для самостоятельной работы студентов, оснащенные компьютерной техникой, имеющей доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронной информационно-образовательной среде ТГПУ им. Л.Н. Толстого, внутривузовскому сетевому окружению.

12. АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ.

1. Планируемые результаты обучения при освоении дисциплины «Органический синтез», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины «Органический синтез» у студента должны быть сформированы следующие компетенции:

- ✓ владение навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2);
- ✓ знание норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6);
- ✓ способность использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач (ПК-8);
- ✓ владение навыками расчета основных технических показателей технологического процесса (ПК-9);
- ✓ способность анализировать причины нарушений параметров технологического процесса и формулировать рекомендации по их предупреждению и устранению (ПК-10);
- ✓ владение навыками планирования и организации работы структурного подразделения (ПК-11);
- ✓ способность принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий (ПК-12).

В результате освоения дисциплины «Органический синтез» студент должен приобрести:

знания

- основных методов синтеза, выделения и очистки органических соединений (ОПК-2);
- правил выбора оптимального пути синтеза органических соединений (ОПК-2);
- физико-химических способов идентификации соединений (ОПК-2);

умение

- выбирать оптимальный путь синтеза органических соединений (ОПК-2);
- использовать основные закономерности и фундаментальные химические понятия органического синтеза при реализации задач получения органических соединений (ПК-8);
- анализировать причины нарушений параметров технологического процесса (ПК-10);
- принимать решения в стандартных ситуациях, брать на себя ответственность за результат выполнения заданий (ПК-12);

владение

- навыками работы с лабораторным оборудованием (ОПК-2), (ОПК-6);
- навыками определения физико-химических констант полученного соединения (ОПК-2);
- навыками проведения основных операций при выделении и очистке веществ (ОПК-2), (ОПК-6);
- навыками расчета основных показателей, характеризующих возможность протекания процессов в органическом синтезе (ПК-9);
- навыками планирования и организации работы в коллективе (ПК-11).

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.

Дисциплина «Органический синтез» является дисциплиной вариативной части Блока 1. Для освоения дисциплины «Органический синтез» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения дисциплин «Органическая химия», «Физическая химия», «Физико-химические методы анализа».

Дисциплина «Органический синтез» является базовой для выполнения исследований в рамках выпускной квалификационной работы и подготовки к итоговой государственной аттестации.

3. Объем дисциплины 7 зачетных единиц.
4. Образовательный процесс осуществляется на русском языке.
5. Разработчик: доктор химических наук, профессор кафедры химии И.В. Шахельдян

13. Лист регистрации изменений к рабочей программе

2016-2017 учебный год

В рабочую программу дисциплины внесены изменения в части обновления состава необходимого комплекта лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ обучающимся.

Изменения к рабочей программе дисциплины утверждены на заседании Ученого совета университета, протокол № 2 от 16 февраля 2017 г.

2017-2018 учебный год

Обновлен состав необходимого комплекта лицензионного программного обеспечения.

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian – Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
2. Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian – Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 года.
3. Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian - контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 года.
4. Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian - Лицензия №46138962 от 16.11.2009 г.
5. Программное обеспечение Microsoft Office 2013 Professional - контракт № 405535 от 2 ноября 2015 года, контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г.
6. Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
7. Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
8. Комплексная Система Антивирусной Защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License – Лицензия № 17E0-170518-102844-823-690 от 18-05-2017 г.

Обновлен состав современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ обучающимся.

1. Компьютерная информационно-правовая система «Гарант» - регистрационный номер клиента 71-70685-000033.
2. Официальный интернет-портал базы данных правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru>.
4. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» <http://www.ict.edu.ru>.
5. Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных <http://webofscience.com>.
6. Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН) <http://neicon.ru>.
7. Базы данных издательства Springer <https://link.springer.com>.

Изменения к рабочей программе дисциплины утверждены на заседании Ученого совета университета, протокол № 8 от 31 августа 2017 г.

2018-2019 учебный год**Обновлен состав необходимого комплекта лицензионного программного обеспечения.**

1. Операционная система ROSA Enterprise Linux Desktop № RL00450-1-110518-01 - RL00450-1-110518-17 от 11 мая 2018 г.
2. Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian – Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
3. Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian – Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
4. Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian - контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
5. Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian - Лицензия №46138962 от 16.11.2009 г.
6. Программное обеспечение Microsoft Office 2013 Professional - контракт № 405535 от 2 ноября 2015 года, контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г.
7. Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
8. Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
9. Комплексная система антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License – Лицензия № 17E0-170518-102844-823-690 от 18-05-2017 г.

Обновлен состав современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ обучающимся.

1. Компьютерная информационно-правовая система «Гарант» - регистрационный номер клиента 71-70685-000033.
2. Официальный интернет-портал базы данных правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru>.
4. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» <http://www.ict.edu.ru>.
5. Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных <http://webofscience.com>.
6. Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН) <http://neicon.ru>.
7. Базы данных издательства Springer <https://link.springer.com>.

Изменения к рабочей программе дисциплины утверждены на заседании Ученого совета университета, протокол № 7 от 30 августа 2018 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Разработчик:

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность
Шахкельдян Ирина Владимировна	Доктор химических наук	Профессор	Профессор кафедры химии