

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король



27 июня 2025 г.

Регистрационный № УД-14137/уч.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2025 г.

Учебная программа составлена на ОСВО 1-31 05 04-2021, учебных планов БГУ № G-31-1-010/уч. от 25.05.2021, № G-31-1-237/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

И.П.Антоневич, заведующий кафедрой органической химии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.С.Безбородов, профессор кафедры органической химии факультета технологии органических веществ учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», доктор химических наук;

М.Н.Ничик, ученый секретарь учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой органической химии БГУ
(протокол № 14 от 13.06.2025);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



И.П.Антоневич

 *А.В. Зылаев*

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – сформировать на современном уровне необходимый для химиков, обучающихся по специальности 1-31 05 04 «Фундаментальная химия» знания по теоретическим основам органической химии, который послужит базой для углубленного понимания природы химической связи, химических реакций, их классификации и механизмов, влияния различных факторов на скорость и направление химических превращений, протекающих в органической химии и на этой основе – сравнение реакционной способности различных органических соединений в наиболее характерных для данного класса реакций.

Задачи учебной дисциплины:

1. Формирование у студентов логического мышления, системного и аналитического подхода.

2. Развитие умения творчески использовать теоретических знаний для решения профессиональных задач,

особенно в процессе понимания течения органических реакций на основе изучения их механизма, а также взаимосвязи строения органических соединений с их реакционной способностью и взаимных превращений различных классов органических соединений, умения творчески решать поставленные задачи.

3. Формирование представлений о роли органических соединений во всех сферах современной жизни человека и других живых организмов, в целом, природы.

Изучение особенностей строения, химических свойств, важнейших методов получения и идентификации основных классов органических соединений.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Современная теоретическая химия» государственного компонента.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Изучение дисциплины основано на базовых знаниях, терминах и методах курсов «Органическая химия», «Квантовая химия и строение молекул», «Физические методы исследования органических соединений», а также ряда дисциплин цикла «Физической химии».

Формирование компетенций

Освоение учебной дисциплины «Теоретические основы органической химии» должно обеспечить формирование следующей компетенции:

Базовые профессиональные компетенции:

Использовать теоретические основы фундаментальных разделов неорганической и органической химии в научной и практической деятельности (для решения расчетных задач, объяснения и прогнозирования химических процессов, разработки концепции синтеза и исследования новых структур и

соединений, решения экологических проблем, обеспечения безопасного поведения в химической лаборатории, организации производственных работ и др.).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- теорию строения и реакционной способности органических соединений;
- основы стереохимии органических соединений;
- механизмы основных реакций в органической химии;
- методы установления и подтверждения механизмов химических реакций в органической химии;
- влияние различных факторов (температура, концентрация, природа реагентов, природа растворителя, катализатор) на скорость, селективность и конкуренцию различных реакций в органической химии;

уметь:

- оперировать основными понятиями теоретической органической химии;
- делать логически обоснованные выводы об изменении физикохимических свойств и реакционной способности органических соединений при изменении их строения;
- применять современные теории строения и реакционной способности органических соединений и современные подходы к рассмотрению химических реакций (теория молекулярных орбиталей, теория переходного состояния) для объяснения закономерностей протекания химических реакций в органической химии;

владеть:

- необходимым объемом теоретических и практических знаний по теоретическим основам органической химии, требуемых для выполнения профессиональных обязанностей и изучения смежных дисциплин;
- экспериментальными навыками и приемами работы с органическими веществами, современной химической терминологией и номенклатурой органических соединений.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Теоретические основы органической химии» отведено для **очной формы** получения высшего образования – 102 часа, в том числе 46 аудиторных часов: лекции – 30 часов, практические занятия – 16 часов. Из них:

Лекции – 30 часов, практические занятия – 10 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Химическая связь и строение органических соединений

Тема 1.1. Введение

Классификация органических соединений по углеродному скелету и по функциональным группам. Номенклатура органических соединений. Типы изомерии: структурная и пространственная.

Тема 1.2. Классические и современные представления о химической связи

Классические представления о природе химической связи. Способы образования ковалентной связи: коллигация, координация. Типы химических связей в молекулах органических соединений. Ионная и ковалентная связь. Полярная и неполярная ковалентная связь. Электроотрицательность атомов. Донорно-акцепторная связь. Водородная связь. Основные характеристики ковалентной связи: энергия связи и энергия диссоциации, длина связи, полярность и дипольные моменты, поляризуемость и рефракция связей.

Квантово-механические представления о химической связи. Методы МО и ВС. Классификация ковалентных связей: σ - и π -связи, связывающие и разрыхляющие МО. Гибридные состояния атома углерода. Теория резонанса.

Локализованные и делокализованные (сопряженные) ковалентные связи. Отклонения от принципа аддитивности ряда физико-химических параметров при образовании делокализованных связей. Типы сопряженных систем: π, π -, p, π -, σ, π -сопряженные системы (гиперконъюгация). Условия образования сопряженных систем и способы графического изображения делокализованных связей.

Электронные смещения в молекулах органических соединений: индуктивный (I) и мезомерный (M) эффекты. Способы изображения электронных эффектов. Примеры заместителей, проявляющих различные электронные эффекты: (-I и -M; -I < +M; -I > +M; +I и +M).

Тема 1.3. Пространственное строение органических соединений

Способы графического изображения пространственного строения молекул: перспективные формулы и проекции Ньюмена, стереохимические формулы и проекции Фишера. Типы стереоизомерии: конфигурационная (энантиомерия, σ - и π -диастереомерия) и конформационная. Понятия хирального центра, хиральных и ахиральных молекул, оптической активности. Стереосомерия органических соединений с одним и двумя хиральными центрами. Энантиомеры и диастереомеры. Эритро- и трео-изомеры, мезо-форма. Относительная и абсолютная конфигурация. R,S-номенклатура обозначения конфигурации хирального центра. Методы разделения рацемических смесей на энантиомеры. Асимметрический синтез. (диастереомерный) избыток, оптическая чистота и методы их установления.

Атропоизомерия. Спиральная асимметрия.

Стереохимия алкенов (π -диастереомерия), Z-,E-номенклатура.

Конформационная изомерия. Понятие о конформациях молекул и

конформационном анализе. Конформации молекулы этана, бутана.. Стереохимия циклических систем. Виды напряжений, пространственное строение, конформации циклоалканов и дизамещенных циклоалканов.

Раздел 2 Общие теоретические представления об органических реакциях и реакционной способности органических соединений

Тема 2.1 Терминология в теории химической реакции

Реакционный центр, элементарный акт реакции, механизм реакции, интермедиат, селективные и специфические реакции. Термодинамический и кинетический аспекты химических реакций. Понятие молекулярности, порядка реакции, энергии активации. Уравнения Аррениуса и Эйринга

Тема 2.2 Теория переходного состояния

Поверхность потенциальной энергии, маршрут и координата реакции. Энергетический профиль одно- и двухстадийной реакции. Постулат Хэммонда. Скоростьлимитирующая стадия реакции. Кинетически и термодинамически контролируемые химические реакции.

Тема 2.3. Классификация органических реакций

Классификация органических реакций: а) по характеру превращения: реакции замещения, присоединения, элиминирования, циклоприсоединение, перегруппировки; б) по способу разрыва и образования связи: гетеролитические, гомолитические и перициклические реакции. Понятие о субстрате и реагенте. Классификация химических реагентов: нуклеофильные, электрофильные, радикальные. Символ химической реакции.

Тема 2.4. Кислоты и основания в органической химии

Общие положения теории кислот и оснований Бренстеда – Лоури и теории Льюиса. Количественная характеристика силы кислот и оснований: pK_a , pK_b , pK_{BH^+} . Кислотно-основное равновесие, сопряженные кислоты и основания. Влияние структуры на кислотные свойства соединения. Жёсткие и мягкие кислоты и основания. Применение принципа ЖМКО (концепция Пирсона) к органическим реакциям.

Тема 2.5. Методы установления механизмов реакций

Обнаружение и идентификация интермедиатов. Изотопные метки, дейтерообмен. Кинетика (порядок и молекулярность, кинетический закон) и термодинамика реакций. Кинетические изотопные эффекты.

Корреляционное уравнение Гаммета. Стандартные реакционные серии. Константы заместителей и константы реакций, их знак и абсолютная величина.

Тема 2.6. Изучение влияния растворителей на течение реакции

Классификация растворителей. Ионизация и диссоциация. Ионные пары. Сольватация реагентов, переходного состояния и продуктов реакций. Теория Хьюза-Ингольда.

Тема 2.7. Катализ

Катализ и его виды, типы катализаторов. Гомогенный и гетерогенный катализ. Кислотный и основной катализ. Специфический и общий кислотный и основной катализ. Катализ кислотами Льюиса. Псевдокатализ. Ферментативный

Раздел 3 Общие представления о механизмах важнейших типов химических реакций и реакционной способности органических соединений

Тема 3.1. Теоретические основы S_R-реакций и реакционная способность насыщенных углеводородов

Уравнение и схема механизма цепных радикальных реакций замещения (S_R-). Строение и стабильность свободных радикалов. Факторы, влияющие на скорость и направление S_R-реакций. Основные радикал-радикальные реакции: рекомбинация, диспропорционирование. Реакции свободных радикалов с молекулами. Цепной механизм и его ключевые стадии. Стабильные радикалы трифенилметанового ряда. Примеры реакций радикального замещения атома водорода в алканах и алкиларенах. Реакции гомолитического галогенирования: галогенирующие агенты. Региоселективность радикального хлорирования, бромирования. Определение относительной селективности реакции. Стереохимия S_R-реакций.радикального галогенирования.

Тема 3.2. Теоретические основы реакций электрофильного присоединения (A_DE-реакций) и реакционная способность непредельных углеводородов

Уравнение и общая схема механизма. Региоселективность электрофильного присоединения, правило Марковникова. Реакции сопряженного присоединения. Стереохимия A_DE-реакций. Строение и относительная стабильность карбокатионов. Факторы, влияющие на стабильность карбокатионов. Аллильные, бензильные и полиарилметильные катионы. Особенности строения и стабильности винильных карбокатионов. Ароматические карбокатионы. Сравнение реакционной способности алкенов, алкинов и алкадиенов в A_DE-реакциях. Реакции электрофильного присоединения к сопряженным диенам: 1,2- и 1,4-присоединение. Стереохимия реакций электрофильного присоединения. Реакции син-присоединения (гидроборирование, гидроксילирование).

Тема 3.3. Ароматическое электрофильное замещения (S_E-реакций) и реакционная способность ароматических углеводородов

Общая схема и механизм S_E-реакций моноядерных аренов ряда бензола и его производных. Классификация заместителей в зависимости от влияния на скорость и направление S_E-реакций: активирующие и дезактивирующие, ориентанты I и II рода. Факторы парциальных скоростей. Селективность и её связь со структурой переходного состояния. π-Комплексы. Ипсо-атака и механизм присоединения-отщепления. Реакции электрофильного замещения: нитрование, галогенирование, сульфирование, реакции Фриделя-Крафтса, азосочетание. Соотношение орто- и пара-изомеров, зарядовый и орбитальный контроль.

Тема 3.4. Реакции нуклеофильного замещения у атома углерода в sp³-гибридном состоянии

Механизм мономолекулярного и бимолекулярного нуклеофильного замещения; особенности S_N1 - и S_N2 -реакций, стереохимический результат. Факторы, влияющие на скорость и механизм S_N -реакций: строение субстрата, (строение углеводородного радикала и природы уходящей группы), нуклеофильности реагента, влияние растворителя. Критерии для распознавания S_N1 и S_N2 -реакций (кинетика, изотопные и солевые эффекты, корреляционные уравнения, термодинамические параметры активации, стереохимия). Ионно-парный механизм. Нормальный и специальный солевые эффекты. Внутримолекулярное нуклеофильное замещение. Механизм S_Ni .

Реакционная способность алкил-, аллил- и бензилгалогенидов, а также других субстратов аналогичного строения в реакциях нуклеофильного замещения. Амбидентные нуклеофильные свойства, их зависимость от стереоэлектронных факторов. Амбидентные нуклеофильные реагенты. Правило Корнблюма (концепция ЖМКО, орбитальный и зарядовый контроль). Участие соседних групп, анхимерное содействие. Роль растворителя в реакциях нуклеофильного замещения. Ионизация, диссоциация, сольватация.

Тема 3.5. Нуклеофильное замещение у соединений с пониженной подвижностью уходящей группы

Реакции нуклеофильного замещения в ряду винильных производных. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду. Механизм $S_N2(Ar)$. Комплекс Мейзенгеймера. Нуклеофильность. Механизм $S_N1(Ar)$ разложения диазониевых солей. Ариновый механизм. Дегидробензол, его строение и свойства. Влияние заместителей на стадию образования арина и стадию присоединения к арину.

Тема 3.6. Реакции элиминирования

Классификация реакций элиминирования. Реакции 1,2-элиминирования (β -отщепление). Механизмы мономолекулярного ($E1$) и бимолекулярного ($E2$) элиминирования. Карбанионный механизм $E1cB$ реакций отщепления. Представление о концепции переменного переходного состояния в ряду механизмов $E1 - E2 - E1cB$. Критерии определения механизмов реакций отщепления (кинетика реакций). Влияние различных факторов (заместителей в субстрате, нуклеофильной способности уходящей группы, основности реагента, растворителя) на механизм реакции, соотношение продуктов элиминирования и замещения, региоселективность реакции. Ориентация отщепления по правилам Зайцева и Гофмана. Стереохимия процессов бимолекулярного элиминирования. Анти- и син-отщепление в ациклических системах. Перициклические реакции элиминирования. Модифицированное расщепление четвертичных аммониевых солей по Гофману-Виттигу, получение олефинов по Коупу, пиролиз сложных эфиров, ксантогенатов, кетокислот.

Тема 3.7. Реакции нуклеофильного присоединения по группе $C=O$ и реакционная способность карбонильных соединений в Ad_N -реакциях

Механизм реакции, влияние на скорость реакции катализаторов (кислот и оснований), природы нуклеофила, строения субстрата. Реакции оксосоединений с O^- , N^- , S^- -нуклеофилами, гидрид-ионами. Галоформная реакция. Реакции карбонильных соединений с псевдокислотами. Конденсация альдольного типа. Бензоиновая конденсация. Реакции карбонильных соединений с

криптооснованиями. Синтез Гриньяра. Восстановление альдегидов и кетонов по Меервейну-Понндорфу-Верлею и комплексными гидридами металлов. Реакции Кляйзена-Тищенко, Канницаро. 1,2- и 1,4-Присоединение к сопряженным енонам

Тема 3.8. Реакции карбоновых кислот и их функциональных производных

Общая схема и механизм реакций ацилирования. Влияние на скорость реакции ацилирования строения субстрата, катализаторов (кислот и оснований), природы нуклеофила. Этерификация, гидролиз сложных эфиров и родственные реакции производных карбоновых кислот, классификация Ингольда по типу разрывающейся связи, катализа и молекулярности (моно- и бимолекулярные процессы, разрыв связей ацил-кислород и алкил-кислород, основной и кислотный катализ). Расщепление ацетоуксусного эфира.

Тема 3.9. Перициклические реакции

Классификация перициклических реакций. Характерные особенности: высокая стерео- и региоселективность, изменение селективности при переходе от термической к фотохимической активации. Теория перициклических реакций. Разрешённые и запрещённые реакции. Сохранение орбитальной симметрии. Правила Вудворда-Хоффмана

Циклоприсоединение. Применение метода ВМО. Классификация реакций циклоприсоединения по числу электронов, типу орбиталей и геометрии перекрывания. Термические ($4\pi+2\pi$) реакции. Реакция Дильса-Альдера и ретродиеновый распад. Региоселективность реакции. 1,3-Диполярное циклоприсоединение как ($4\pi+2\pi$)-процесс. 1,3-Диполи и их строение. Фотохимическое ($2+2$) циклоприсоединение.

Электроциклические реакции и их механизм. Конротаторные и дисротаторные процессы. Правила Вудворда-Хоффмана для электроциклических реакций. Ароматичность переходного состояния. Синтетическое использование термических и фотохимических электроциклических реакций.

Тема 3.10. Сигматронные перегруппировки (сигматронные сдвиги)

Определение. Классификация. Примеры [1,2], [1,3], [1,5], [3,3] и других сигматронных сдвигов. Ароматическое и антиароматическое переходное состояние. Перегруппировки Вагнера-Меервейна и пинаколиновая. Миграция водорода и алкильных групп. Стереохимия перегруппировки Вагнера-Меервейна. Карбеновая перегруппировка Вольфа. Перегруппировки к электронодефицитному атому азота (Бекмана, Гоффмана, Курциуса) как [1,2]-сигматронные сдвиги. Стереохимия перегруппировки Бекмана. [3,3]-Сдвиги. Перегруппировки Коупа и Кляйзена.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Химическая связь и строение органических соединений	4	2				1	
1.1	Введение	1						
1.2	Классические и современные представления о химической связи	1						
1.3	Пространственное строение органических соединений	2	2				1	Устный опрос Контрольная работа №1 по разделу 1
2	Общие теоретические представления об органических реакциях и реакционной способности органических соединений	10	2				1	
2.1	Терминология в теории химической реакции	2						
2.2	Теория переходного состояния	2						
2.3	Классификация органических реакций	1						
2.4	Кислоты и основания в органической химии	1						
2.5	Методы установления механизмов реакций	2						
2.6	Изучение влияния растворителей на течение реакции	1	2					Устный опрос

2.7	Катализ	1					1	Контрольная работа №2 по разделу 2
3	Общие представления о механизмах важнейших типов химических реакций и реакционной способности органических соединений	16	6				4	
3.1	Теоретические основы S _R -реакций и реакционная способность насыщенных углеводородов	1						
3.2	Теоретические основы реакций электрофильного присоединения (A _D E-реакций) и реакционная способность непредельных углеводородов	1						
3.3	Ароматическое электрофильное замещение (S _E -реакций) и реакционная способность ароматических углеводородов	1						
3.4	Реакции нуклеофильного замещения у атома углерода в sp ³ -гибридном состоянии	1	1					Устный опрос
3.5	Нуклеофильное замещение у соединений с пониженной подвижностью уходящей группы	2	1				2	Устный опрос Контрольная работа №3 по темам 3.1-3.5
3.6	Реакции элиминирования	2						
3.7	Реакции нуклеофильного присоединения по группе C=O и реакционная способность карбонильных соединений в A _D N-реакциях	2	1					Устный опрос
3.8	Реакции карбоновых кислот и их функциональных производных	2	1					Устный опрос
3.9	Перициклические реакции	2	1					Устный опрос
3.10	Сигматропные перегруппировки (сигматропные сдвиги)	2	1				2	Устный опрос Контрольная работа №4 по темам 3.6-3.10
ИТОГО		30	10				6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Реутов, О. А. Органическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 9-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - Ч. 1 : . - 2021. - 567 с.
2. Реутов, О. А. Органическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 9-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - Ч. 2 : . - 2021. - 623 с.
3. Реутов, О. А. Органическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017– Ч. 3 : . - 2020. - 544 с.
4. Реутов, О. А. Органическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 6-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2019. – Ч. 4 : . - 2020. - 723 с.
5. Травень, В. Ф. Органическая химия : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 020201 – фундаментальная и прикладная химия : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - Т. 1 : . - 2021. - 368 с.
6. Травень, В. Ф. Органическая химия : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 020201 – фундаментальная и прикладная химия : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - Т. 2 : . - 2021. - 517 с.
7. Травень, В. Ф. Органическая химия : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 020201 – фундаментальная и прикладная химия : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - Т. 3 : . - 2021. - 388 с.
8. Лабораторные работы по органической химии : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-31 05 01 "Химия (по направлениям)", 1-31 05 02 "Химия лекарственных соединений", 1-31 05 03 "Химия высоких энергий", 1-31 05 04 "Фундаментальная химия" : в 2 ч. / [Н. А. Ильина и др.] ; БГУ. - Минск : БГУ, 2020. - Ч. 1 : Методы очистки и реакции органических соединений. Ненасыщенные соединения, арены, галогенпроизводные, спирты. - 2020. - 123 с.
9. Лабораторные работы по органической химии : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-31 05 01 "Химия (по направлениям)", 1-31 05 02 "Химия лекарственных соединений", 1-31 05 03 "Химия высоких энергий", 1-31 05 04 "Фундаментальная химия" : в 2 ч. / [Н. А. Ильина и др.] ; БГУ. - Минск : БГУ,

2020. - Ч. 2 : Карбонильные соединения, карбоновые кислоты и их производные, нитросоединения, амины. - 2020. - 131 с.

Дополнительная литература

1. Органическая химия : учебник для вузов / Н. А. Тюкавкина, С.Э. Зурабян, В.Л. Белобородов. Под ред. Н. А. Тюкавкиной. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 640 с.
2. Агрономов, А.Е. Сборник задач по органической химии. – М.: Изд. МГУ, 2000. – 160 с.
3. Задачи по органической химии с решениями : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 011000 - Химия / А. Л. Курц [и др.]. - 2-е изд., испр. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 264 с.
4. Органикум: в 2 т. / Х. Беккер [и др.]; пер. с нем. – М. : Мир, 2008.
5. Практикум по органической химии: учеб. для высш. шк. / В. И. Теренин [и др.]; под ред. Н. С. Зефилова. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 568 с.
6. Травень В. Ф., Сухоруков А. Ю., Пожарская Н. А. Задачи по органической химии. – М.: Лаборатория знаний, 2016. — 263 с.
7. Травень, В. Ф., Щекотихин А. Е. Практикум по органической химии: учеб. пособие – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 592 с.
8. Агрономов А. Е. Избранные главы органической химии. М.: МГУ, 1990. – 560 с.
9. Шабаров Ю.С. Органическая химия. — СПб.: Лань, 2011. — 848 с.
10. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. М.: Химия, 1979. — 831 с.
11. Ли Дж. Дж. Именные реакции. Механизмы органических реакций. — М.: Бином: Лаборатория знаний, 2006. — 456 с.
12. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. — М.: Мир, 1974. — 1093 с.
13. Нейланд О. Я. Органическая химия. — М.: Высшая школа, 1990. — 751 с.
14. Потапов В. М. Стереохимия. — М.: Химия, 1988. — 464 с.
15. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. — М.: Химия, 1991. — 448 с.
16. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. М.: Мир, 2017. — 704 с.
17. Тюкавкина Н. А., Зурабян С. Э., Белобородов В. Л. Органическая химия: учебник для вузов: в 2 кн. Кн. 2: Специальный курс. — М.: Дрофа, 2009. — 592 с.
18. Brown W. H., Iverson B. L., Anslyn E. V., Foote C. S. Organic Chemistry. — Cengage Learning: Australia, Brazil, Japan, Korea, Mexico, Singapore, Spain, United Kingdom, United States, 2013. — 1318 p.
19. Clayden J., Greeves N., Warren S., Wothers P. Organic Chemistry. — Oxford: University Press, 2001, — 1512 p.

20. Loudon M., Parise J. Organic Chemistry — W. H. Freeman and Company, New York, 2016. — 1595 p.

21. Morrison R. Th., Boyd R. N. Organic Chemistry. — Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi – 110 001, 2002, — 2262 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации:

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ.
2. Написание аудиторных контрольных работ

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретические основы органической химии» учебным планом предусмотрен экзамен.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

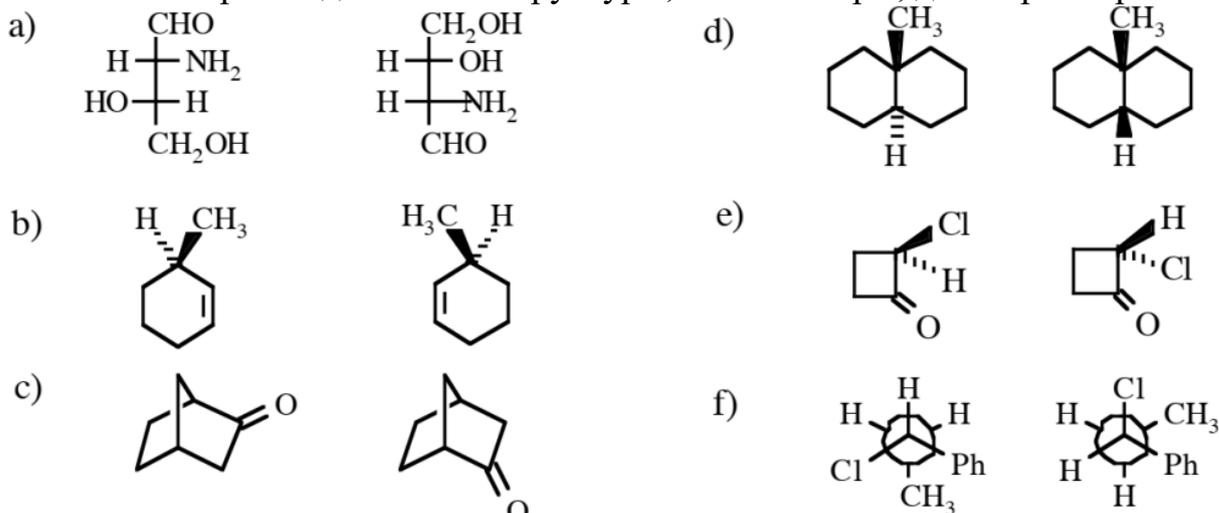
1. Устный опрос на практических занятиях – 40 %
2. Контрольные работы – 60 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (модульно-рейтинговой системы оценки знаний) 30 % и экзаменационной отметки 70 %.

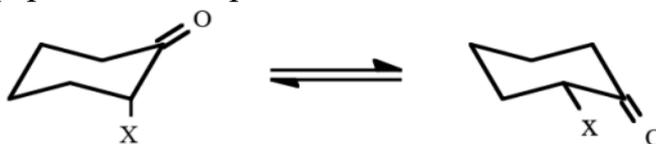
Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 1.3. Пространственное строение органических соединений. (1 ч)

1. Выберите идентичные структуры, энантиомеры, диастереомеры:

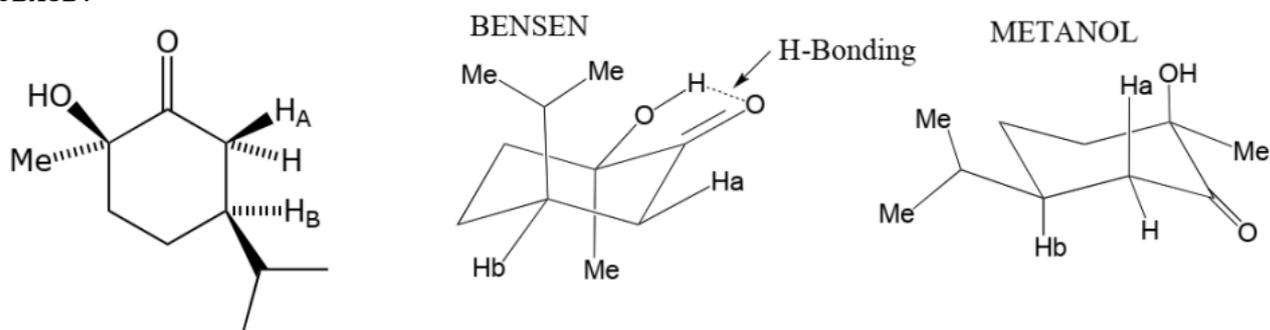


2. Объясните конформационное равновесие в зависимости от растворителя:



Halogen	% Axial (Heptane)	% Axial (1,4-dioxane)
Br	85	62
Cl	76	37
F	48	15

3. Определите, к какому случаю относятся КССВ в ^1H ЯМР-спектре $J_{ab} = 3$ Гц и 11 Гц. Почему в метаноле не образуется внутримолекулярная водородная связь?

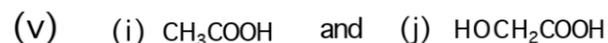
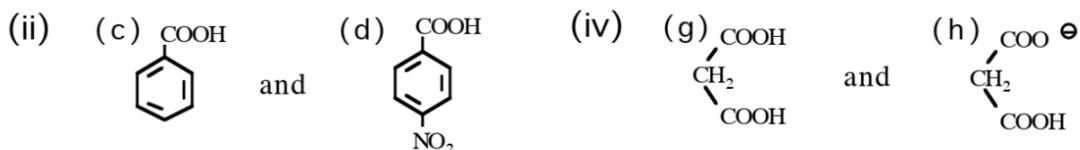
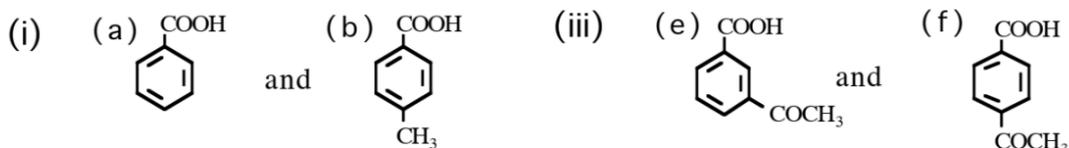


4. ЯМР-спектр триметилметана в хиральном растворителе изучали с помощью динамической спектроскопии ЯМР. Была определена энергия активации 22 ккал/моль. Обсудите источник хиральности в исходном соединении. Почему в эксперименте использовали именно хиральный растворитель?

(Форма контроля – аудиторная контрольная работа)

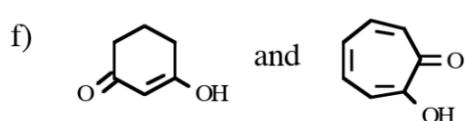
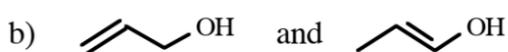
Тема 2.7. Катализ. (1 ч)

1. Какая кислота из пары сильнее? Объясните

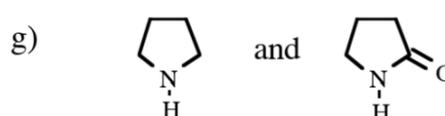
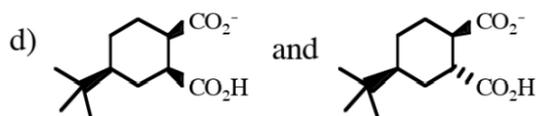


a) m- and p-cyanophenol

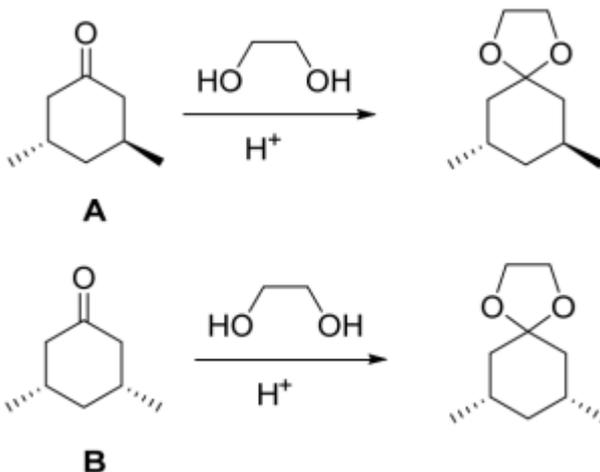
e) $\text{F}_2\text{CHCH}_2\text{OH}$ and $\text{CH}_3\text{CF}_2\text{OH}$



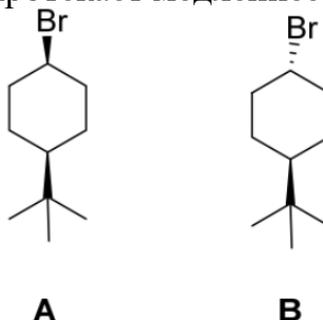
c) NCCH_2CN and $\text{NCCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$



2. Почему скорость образования этиленацеталя из кетона А меньше, чем из В?



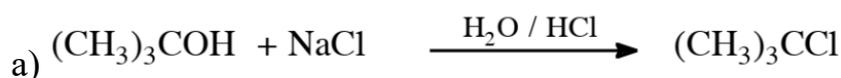
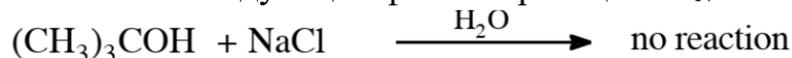
3. Для соединений А и В изучали реакцию элиминирования под действием $t\text{-BuOK}/t\text{BuOH}$. Константы скоростей составили $4,1 \cdot 10^{-3}$ л/(моль·с) и $8,0 \cdot 10^{-6}$ л/(моль·с). Какая из реакций протекает медленнее и почему?



(Форма контроля – аудиторная контрольная работа)

Тема 3.5. Нуклеофильное замещение у соединений с пониженной подвижностью уходящей группы. (2 ч)

1. Объясните следующие факты в реакциях S_N :



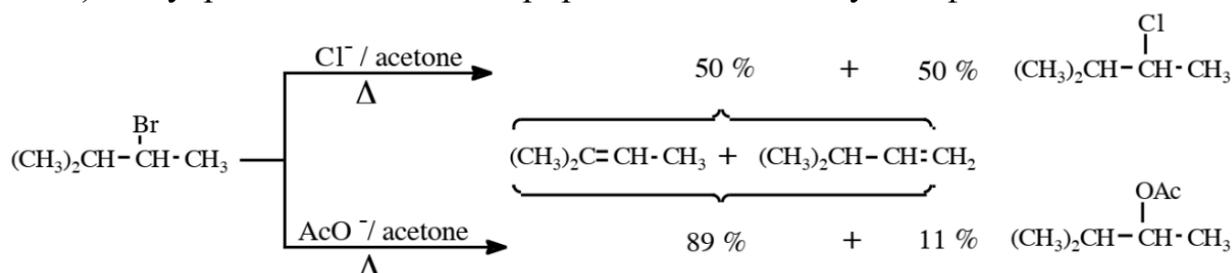
б) Хиральный 1-бром-1-фенилэтан с метанолом дает 27% инверсии, а с метилатом натрия реакция протекает стереоспецифично.

в) При реакции трет-бутанола с эквимольной смесью HBr и HCl в воде главным продуктом является $t\text{-BuBr}$.

г) Скорость реакции 2-галоген-2-метилбутанов в водном метаноле различна для галоген = Br , Cl или I . Однако каждый субстрат дает одну и ту же смесь 2-метокси-2-метилбутан и 2-метил-2-бутанол. а) Объясните эти экспериментальные результаты и напишите соответствующие химические уравнения. б) Предскажите порядок реакционной способности галогеналкана.

2. Объясните следующие факты в реакциях E :

а) Конукренция зависит от природы основания/нуклеофила:

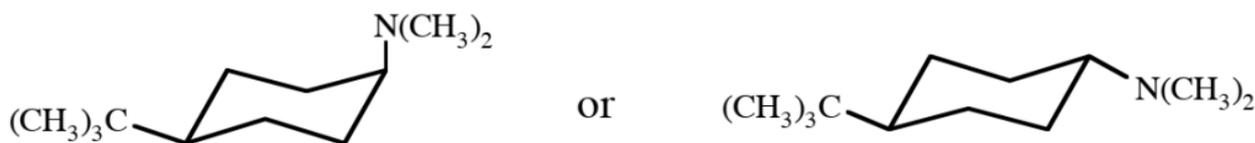


б) Изменение отношения продуктов элиминирования в 2-бром-2,3-диметилбутане в зависимости от основания:

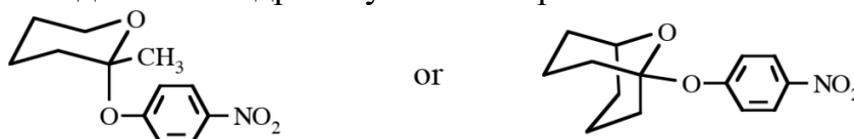


в) Когда отщепление HF от 1,1-дихлор-2,2,2-трифторэтана проводят с метоксидом натрия в дейтерированном метаноле, 1,1-дихлор-1-дейтерио-2,2,2-трифторэтан можно выделить из реакционной смеси.

3. В каком случае реакция взаимодействия с иодметаном протекает быстрее?



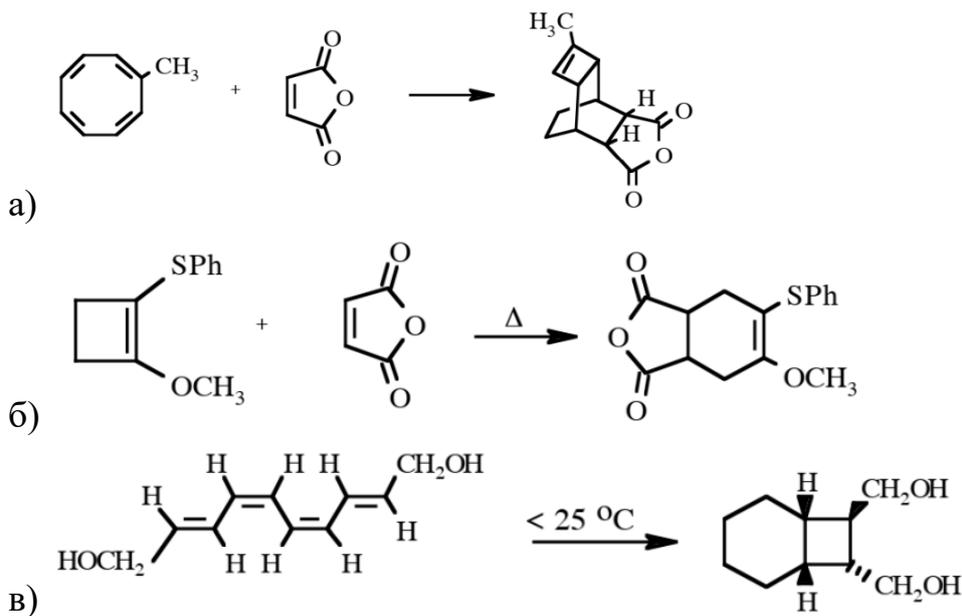
4. Какое соединение гидролизуется быстрее?



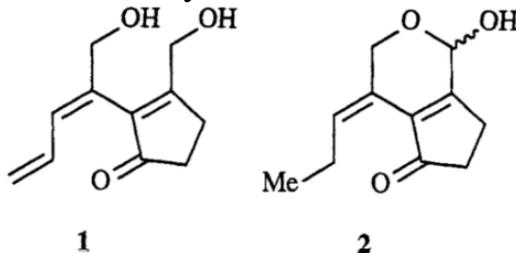
(Форма контроля – аудиторная контрольная работа)

Тема 3.10. Сигматропные перегруппировки (сигматропные сдвиги). (2 ч)

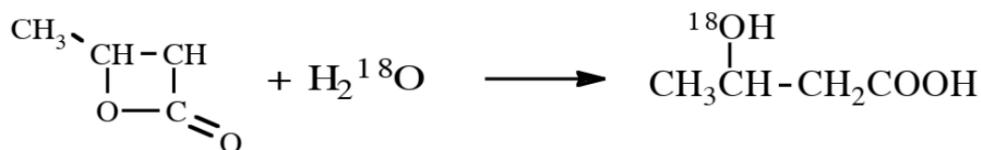
1. Классифицируйте следующие перициклические реакции, напишите их механизм.



2. Нагревание субстрата 1 с Ph_3SnH в толуоле в присутствии AIBN даёт продукт 2 с выходом 79%. Предложите механизм реакции и определите тип циклизации по классификации Болдуина:



3. Объясните распределение метки в продукте. Каким оно будет в случае использования бутиролактона?



(Форма контроля – аудиторная контрольная работа)

Примерная тематика практических занятий

Практическое занятие № 1. Химическая связь и строение органических соединений

Практическое занятие № 2. Общие теоретические представления об органических реакциях и реакционной способности органических соединений

Практическое занятие № 3. Реакции нуклеофильного замещения

Практическое занятие № 4. Реакции карбонильных соединений и карбоновых кислот

Практическое занятие № 5. Перициклические реакции. Сигматропные перегруппировки.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются *эвристической, практико-ориентированный подходы*.

Использование эвристического подхода предполагает:

- демонстрацию многообразия органических соединений, выявление в которых определенных структурных элементов позволяет прогнозировать то либо иное практически полезное свойство на основе знаний, полученных в ходе в ходе изучения дисциплины.

Использование практико-ориентированного подхода предполагает:

- освоение содержания предмета через решение практических задач.

При организации семинарских занятий используется метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями, для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Рекомендуется организовать следующие формы самостоятельной работы студентов:

- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение контрольных работ.

С целью облегчения повседневной работы с литературой следует уделить особое внимание обеспечению доступа студентов к электронным версиям учебников и пособий, а также справочников, монографий и энциклопедических изданий.

Задания УСР по учебной дисциплине рекомендуется делить на три модуля:

- задания, формирующие достаточные знания по изучаемому учебному материалу на уровне узнавания,
- задания, формирующие компетенции на уровне воспроизведения,
- задания, формирующие компетенции на уровне применения полученных знаний.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Классификация органических соединений по углеродному скелету и функциональным группам. Типы изомерии.
2. Классические и современные представления о химической связи. Типы ковалентной связи.
3. Квантово-механические представления о химической связи: методы МО и ВС.
4. Гибридизация атома углерода. Теория резонанса.
5. Локализованные и делокализованные связи. Типы сопряжённых систем.
6. Индуктивный и мезомерный эффекты. Примеры заместителей.
7. Пространственное строение органических молекул: проекции Ньюмена, Фишера.
8. Stereoisomerism: энантиомерия, диастереомерия, мезо-форма.
9. R,S-номенклатура. Методы разделения рацематов.
10. Конформационный анализ на примере этана, бутана и циклоалканов.
11. Z,E-номенклатура алкенов. Атропоизомерия.
12. Терминология теории химических реакций: механизм, интермедиат, селективность.
13. Термодинамический и кинетический контроль реакций. Уравнения Аррениуса и Эйринга.
14. Теория переходного состояния. Постулат Хэммонда.
15. Классификация органических реакций по типу превращения и способу разрыва связи.
16. Кислоты и основания по Бренстеду-Лоури и Льюису. ЖМКО (принцип Пирсона).
17. Методы установления механизмов реакций: изотопные метки, кинетика, эффекты растворителей.
18. Влияние растворителей на течение реакции. Теория Хьюза-Ингольда.
19. Катализ: виды, механизмы, примеры в органической химии.
20. Цепные радикальные реакции замещения (SR). Стабильность радикалов.
21. Регио- и стереохимия радикального галогенирования.
22. Механизм электрофильного присоединения (AdE) к алкенам и алкинам. Правило Марковникова.
23. Строение и стабильность карбокатионов. Аллильные и бензильные катионы.
24. Электрофильное ароматическое замещение (SE). Влияние заместителей.
25. Нуклеофильное замещение SN1 и SN2: механизмы, стереохимия, факторы влияния.
26. Ионно-парный механизм. Влияние соседних групп.
27. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду (SNAr). Ариновый механизм.
28. Реакции элиминирования: E1, E2, E1cB. Правила Зайцева и Гофмана.

29. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе. Влияние строения и катализа.

30. Реакции карбоновых кислот и их производных: механизмы ацилирования, этерификации, гидролиза.

31. Перициклические реакции: классификация, правила Вудворда-Хоффмана.

32. Циклоприсоединение: реакция Дильса-Альдера, 1,3-диполярное циклоприсоединение.

33. Электроциклические реакции: конротаторные и дисротаторные процессы.

34. Сигматропные перегруппировки: классификация, примеры ([3,3]-сдвиги, перегруппировка Кляйзена).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
[органической химии,
к.х.н., доцент

_____ И.П.Антоневич
(подпись)

____. _____ 20 __ г. |

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
