

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по высшему медицинскому,
фармацевтическому образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
Министра здравоохранения
Республики Беларусь,
председатель Учебно-методического
объединения по высшему
медицинскому, фармацевтическому
образованию



Е.Н.Кроткова

2024

Регистрационный № УПД-091-096/пр./

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности
7-07-0912-01 «Фармация»

СОГЛАСОВАНО

Ректор учреждения образования
«Витебский государственный
ордена Дружбы народов
медицинский университет»



24.06.2024

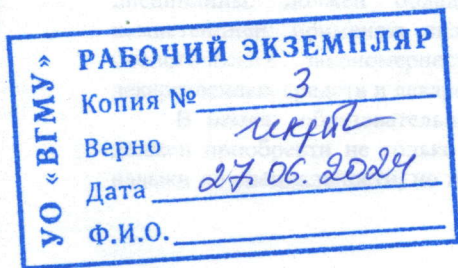
СОГЛАСОВАНО

Начальник главного управления
организационно-кадровой работы и
профессионального образования
Министерства здравоохранения
Республики Беларусь



О.Н.Колюпанова

2024



Минск 2024

СОСТАВИТЕЛИ:

С.Г.Степин, доцент кафедры общей и органической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», кандидат химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра общей химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»;

В.П.Баран, заведующий кафедрой химии учреждения образования «Витебская государственная ордена «Знак почета» академия ветеринарной медицины», кандидат биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой общей и органической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (протокол № 7 от 04.01.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (протокол № 6 от 25.01.2024);

Научно-методическим советом по фармации Учебно-методического объединения по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию (протокол № 3 от 12.03.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Органическая химия» – учебная дисциплина химического модуля, содержащая систематизированные научные знания об органических веществах, их строении, свойствах, методах синтеза и идентификации.

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Органическая химия» разработана в соответствии с образовательным стандартом специального высшего образования по специальности 7-07-0912-01 «Фармация», утвержденным и введенным в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.09.2023 № 302/127; примерным учебным планом по специальности 7-07-0912-01 «Фармация» (регистрационный № 7-07-09-007/пр.), утвержденным заместителем Министра здравоохранения Республики Беларусь 17.01.2023, первым заместителем Министра образования Республики Беларусь 30.01.2023.

Цель учебной дисциплины «Органическая химия» – формирование базовой профессиональной компетенции для решения задач профессиональной деятельности на основе научных знаний об органических веществах и современных методах их исследования.

Задачи учебной дисциплины «Органическая химия» состоят в формировании у студентов научных знаний о строении, классификации и номенклатуре органических соединений; методах исследования органических соединений; свойствах и реакционной способности органических соединений, в том числе тех, которые выполняют в организме человека определенные биологические функции и (или) применяются как лекарственные средства; методах планирования и выполнения научного эксперимента для получения необходимой информации об органических веществах; умений и навыков, необходимых для прогнозирования особенностей электронного и пространственного строения, спектральных характеристик органических соединений; прогнозирования реакционной способности органических соединений; планирования и выполнения химического эксперимента по качественному функциональному анализу органических соединений.

Знания, умения, навыки, полученные при изучении учебной дисциплины «Органическая химия», необходимы для успешного изучения следующих учебных дисциплин: «Биологическая химия», «Фармакология», «Аптечная технология лекарственных средств», «Промышленная технология лекарственных средств», модуля «Фармацевтическая химия и фармакогнозия».

Студент, освоивший содержание учебного материала учебной дисциплины, должен обладать следующей базовой профессиональной компетенцией: применять знания об основных физических, химических и биологических закономерностях для разработки и контроля качества лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические знания, практические умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный

потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

Всего на изучение учебной дисциплины отводится 363 академических часа, из них 186 аудиторных и 177 часов самостоятельной работы студента.

Рекомендуемые формы аттестации студентов: зачет (3 семестр), экзамен (4 семестр).

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела (темы)	Всего аудиторных часов	Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий	
		лекции	лабораторные
1. Основы строения органических соединений. Спектральные методы установления строения	34	6	28
1.1. Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	4	–	4
1.2. Электронное строение молекул органических соединений. Взаимное влияние атомов в молекуле	6	2	4
1.3. Пространственное строение молекул органических соединений. Стереои́зомерия	6	2	4
1.4. Кислотные и основные свойства органических соединений. Нуклеофилы и электрофилы Классификация реакций органических соединений	4	–	4
1.5. Спектральные методы установления строения и идентификации органических соединений	14	2	12
2. Важнейшие классы моно- и полифункциональных органических соединений: особенности строения и номенклатуры, реакционная способность, идентификация	59	10	49
2.1. Углеводороды	10	2	8
2. 2. Галогенопроизводные углеводов	5	1	4
2.3. Спирты, фенолы, тиолы, простые эфиры, сульфиды	9	1	8
2.4. Амины. Азо-, диазосоединения	14	2	12
2.5. Альдегиды и кетоны	6	2	4
2.6. Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот	9	1	8
2.7. Функциональные производные угольной кислоты. Сульфоновые кислоты и их	6	1	5

Наименование раздела (темы)	Всего аудиторных часов	Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий	
		лекции	лабораторные
функциональные производные			
3. Гетерофункциональные органические соединения. Пептиды и белки	17	2	15
3.1. Гидрокси-, фенол- и оксокарбоновые кислоты	6	1	5
3.2. Аминокислоты. Пептиды и белки. Аминоспирты и аминокислоты	11	1	10
4. Углеводы	12	2	10
4.1. Моносахариды	6	1	5
4.2. Олигосахариды и полисахариды	6	1	5
5. Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты	22	2	20
5.1. Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений. Пятичленные гетероциклические соединения	6	1	5
5.2. Шестичленные гетероциклические соединения	5,5	0,5	5
5.3. Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды	5	–	5
5.4. Нуклеозиды, нуклеотиды. Понятие о нуклеиновых кислотах	5,5	0,5	5
6. Омыляемые липиды. Изопреноиды	15	–	15
6.1. Омыляемые липиды	5	–	5
6.2. Терпены и терпеноиды. Стероиды	10	–	10
7. Синтез. Методы выделения и очистки. Физические константы вещества как критерии чистоты и идентификации	27	2	25
Всего часов	186	24	162

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Основы строения органических соединений, спектральные методы установления строения

1.1. Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений

Органическая химия как одна из базовых учебных дисциплин в системе фармацевтического образования.

Классификация органических соединений. Функциональная группа и строение углеродного скелета как классификационные признаки органических соединений. Главные классы органических соединений.

Номенклатура органических соединений, тривиальные названия. Основные принципы систематической номенклатуры IUPAC (IUPAC-Международный союз теоретической и прикладной химии): заместительная и радикало-функциональная номенклатуры.

1.2. Электронное строение молекул органических соединений. Взаимное влияние атомов в молекуле

Электронное строение атома углерода и гетероатомов в составе молекул органических соединений. Метод гибридизации атомных орбиталей и электронная конфигурация атомов.

Типы химических связей в органических соединениях. Ковалентные σ - и π - связи, τ - («банановые») углерод-углеродные связи малых циклов. Строение двойных ($C=C$, $C=O$, $C=N$) и тройных ($C\equiv C$, $C\equiv N$) связей; их основные характеристики (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Делокализованная химическая связь. Сопряжение (π, π - и p, π -сопряжение). Сопряженные системы с открытой и замкнутой цепью. Энергия сопряжения (энергия делокализации). Метод молекулярных орбиталей и метод валентных схем (метод валентных связей) как способы описания делокализации электронной плотности. Понятие о σ - π и σ - p сопряжении.

Ароматическое строение карбо- и гетероциклических соединений. Термодинамическая устойчивость ароматических соединений. Теоретические критерии ароматического строения, правило Хюккеля. Понятие об антиароматических и неароматических циклических соединениях с максимальным числом чередующихся двойных и простых связей.

Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений и способы его передачи. Электронные эффекты: индуктивный и мезомерный. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Понятие о пространственных эффектах.

Распределение электронной плотности в функциональных группах и углеводородной основе молекулы.

1.3. Пространственное строение молекул органических соединений. Стереизомерия

Конфигурация и конформация молекулы. Изображение и запись пространственного строения молекулы: молекулярные модели, стереохимические формулы, проекционные формулы Фишера и Ньюмена.

Связь пространственного строения молекул с биологической активностью вещества.

Хиральные и ахиральные молекулы. Элементы симметрии молекулы (центр, плоскость и ось симметрии). Центр хиральности молекулы, асимметрический атом углерода. Оптическая активность как характерное физическое свойство веществ с хиральными молекулами. Поляриметрия, угол вращения, удельное вращение. Лево- и правовращающие вещества.

Стереοизомерия. Конфигурационные и конформационные стереοизомеры. Конфигурационные стереοизомеры: энантиοмеры, диастереοмеры (σ -, π -). Стереοхимическая номенклатура: R, S- и D, L-системы обозначения конфигурации заместителей у асимметрического атома углерода; E, Z-система обозначения конфигурации заместителей у двойной связи.

Стереοизомерия молекул с одним центром хиральности. Свойства энантиοмеров. Энантиοмеры как оптические антиподы. Рацематы. Методы разделения рацематов.

Стереοизомерия молекул с двумя и более центрами хиральности. σ -Диастереοмеры. Мезοформа. Физические и химические свойства диастереοмеров.

π -Диастереοмеры. Структурные признаки π -диастереοмерии. Физические и химические свойства π -диастереοмеров.

Конформационный анализ. Торсионный угол. Угловое, торсионное и ванн-дер-ваальсово напряжения в молекуле. Конформации заслоненные, заторможенные. Вырожденные конформации. Конформеры.

Конформации алканов (этан, бутан), их энергетическая характеристика. Зигзагообразная и клешневидная конформации алканов.

Конформации циклоалканов. Напряженность малых циклов. Неплоское строение обычных циклов. Конформации циклогексана. Энергетическая характеристика конформаций кресла и ванны. Аксиальные и экваториальные связи. Инверсия цикла. 1,3-Диаксиальное взаимодействие у производных циклогексана. Влияние заместителя на положение аксиально-экваториального равновесия.

1.4. Кислотные и основные свойства органических соединений. Нуклеοφилы и электроφилы. Классификация реакций органических соединений

Кислоты и основания Бренстеда-Лоури. Константы кислотности и основности, константа кислотности сопряженной основанию кислоты. Направление протолитической реакции. Кислотный и основной реакционные центры молекулы.

Органические OH, SH, NH и CH кислоты. Органические π - и n-основания (амониевые, оксониевые, сульфониевые).

Причины, определяющие кислотность и основность соединения (электроотрицательность и поляризуемость атома в реакционном центре, электронные эффекты заместителей на реакционный центр, устойчивость

соответствующих сопряженных субстрату кислот и оснований, сольватационный эффект).

Кислоты и основания Льюиса, электрофилы и нуклеофилы. Электрофильный и нуклеофильный реакционные центры молекулы. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Принцип жестких и мягких кислот и оснований (принцип ЖМКО).

Общие понятия: субстрат, реагент, продукт реакции; реакционный центр молекулы; реакционная способность соединения; механизм реакции. Классификационные признаки реакции: конечный результат реакции, характер расщепления связи; число частиц, участвующих в лимитирующей стадии реакции.

Типы реакций по характеру расщепления ковалентной связи: радикальные, ионные, согласованные. Гомо- и гетеролитическое расщепление связи. Строение и устойчивость промежуточных продуктов реакции: свободных радикалов, карбокатионов, карбоанионов. Реагенты радикальные, электрофильные, нуклеофильные.

Типы реакций по конечному результату: реакции присоединения, замещения, отщепления (элиминирования), перегруппировки, перициклические реакции, окисление и восстановление органических соединений, кислотно-основное взаимодействие.

Моно- и бимолекулярные реакции.

Кинетически и термодинамически контролируемые реакции. Регио- и стереоселективность, стереоспецифичность реакции.

1.5. Спектральные методы установления строения и идентификации органических соединений

Спектр электромагнитного излучения. Основное и возбужденные состояния молекулы. Энергия возбуждения. Избирательность поглощения энергии молекулой. Природа возбуждения молекулы при поглощении энергии в разных областях спектра.

Абсорбционная спектрометрия в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра, диапазон регистрации спектра. Оптическая плотность раствора. Способы представления спектра, параметры полосы поглощения. Молекулярные орбитали электронов, типы электронных переходов (возбуждений) в молекуле. Энергия и вероятность электронных переходов, параметры соответствующих полос поглощения в спектре. Связь электронного спектра вещества со строением молекулы. Хромофорные и ауксохромные группы. Батохромный и гипсохромный сдвиги, гиперхромный и гипохромный эффекты полосы поглощения, их причины. Растворители для абсорбционной спектрометрии в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра.

Абсорбционная спектрометрия в инфракрасной области спектра, диапазон регистрации спектра. Способы представления спектра, параметры полосы поглощения. Типы колебаний атомов в молекуле. Энергия валентных и деформационных колебаний, положение соответствующих полос поглощения в спектре. Характеристические частоты колебаний и характеристические группы атомов молекулы. Зависимость характеристических частот валентных

колебаний от силовой постоянной связи и приведенной массы группы атомов. Диапазоны характеристических частот групп, содержащих атомы водорода, групп с тройной и двойной связями, область «отпечатков пальцев». Понижение характеристической частоты при образовании группой водородной связи и сопряжении кратных связей в структуре молекулы. Зависимость интенсивности полосы поглощения от полярности связи в характеристической группе. Справочники характеристических групповых частот органических соединений разных классов.

Спектрометрия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), условия регистрации спектра. Ядерный магнитный резонанс, энергия резонанса, резонансная частота. Зависимость резонансной частоты от магнитного момента ядра и напряженности приложенного магнитного поля. Магнитные свойства ядер, разновидности метода ЯМР на ядрах атомов разных химических элементов. Спектрометрия ядерного магнитного резонанса на протонах (ЯМР- ^1H). Эффект экранирования ядер водорода в молекуле. Химический сдвиг, шкала «дельта» (δ), тетраметилсилан как внутренний стандарт. Спин-спиновое взаимодействие ядер в молекуле, расщепление (мультиплетность) резонансного сигнала в спектре. Классификация спектров ЯМР- ^1H . Интерпретация спектров первого порядка: число сигналов в спектре, интенсивность и химический сдвиг сигнала, мультиплетность сигнала, константа спин-спинового взаимодействия.

Понятие о спектрометрии ядерного магнитного резонанса на ядрах углерода-13 (ЯМР- ^{13}C).

Масс-спектрометрия, природа спектра. Молекулярный ион, осколочные ионы. Основные направления фрагментации молекулы. Определение молекулярной массы и молекулярной формулы.

2. Важнейшие классы моно- и полифункциональных органических соединений: особенности строения и номенклатуры, реакционная способность, идентификация

2.1. Углеводороды

Алканы: номенклатура, физические свойства, реакции радикального замещения на примерах галогенирования, механизм S_{R} , региоселективность галогенирования. Окисление алканов.

Вазелиновое масло, парафин.

Циклоалканы: классификация, номенклатура, особенности строения и химических свойств малых циклов. Понятие о полициклических системах.

Циклопропан, циклопентан, циклогексан.

Идентификация алканов и циклоалканов, спектральные характеристики.

Алкены: номенклатура, физические свойства. Реакции электрофильного присоединения, механизм A_{E} . Присоединение галогенов, гидрогалогенирование, гидратация, роль кислотного катализа. Региоселективность электрофильного присоединения. Правило Марковникова, его современная интерпретация. Реакции радикального присоединения, пероксидный эффект Хараши. Окисление алкенов (гидроксилирование, жесткое окисление, озонирование, эпоксирирование). Реакции при участии α -

углеродного атома (аллильное замещение и окисление). Гидрирование (восстановление) алкенов.

Алкадиены: номенклатура, классификация. Реакции электрофильного присоединения (гидрогалогенирование, галогенирование). 1,2- и 1,4-присоединение у сопряженных диенов. Реакции циклоприсоединения (диеновый синтез).

Бутадиен-1,3, изопрен.

Алкины: номенклатура, физические свойства. Реакции электрофильного присоединения (гидрогалогенирование, галогенирование). Гидратация алкинов (реакция Кучерова). Реакции винилирования. Образование ацетиленидов металлов. Реакции окисления. Гидрирование.

Идентификация ненасыщенных углеводородов, спектральные характеристики.

Высокомолекулярные соединения, их классификация. Синтетические полимеры. Реакции полимеризации, представление о механизмах полимеризации. Стереорегулярное строение полимеров. Полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, поливиниловый спирт, тефлон, каучуки.

Арены: классификация, номенклатура, мооядерные арены, физические свойства. Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце, механизм S_EAr . Галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование аренов. Влияние заместителей на скорость реакции и ориентацию замещения. Ориентанты I и II рода, активирующие и дезактивирующие заместители. Согласованная и несогласованная ориентация. Реакции, протекающие с потерей ароматичности в конечном продукте. Реакции боковой цепи у гомологов бензола (галогенирование, окисление).

Бензол, толуол, ксилолы, стирол, кумол, цимол.

Многоядерные арены с изолированными циклами: бифенил, дифенилметан, трифенилметан. Многоядерные арены с конденсированными циклами. Нафталин: понижение ароматичности; реакции электрофильного замещения, ориентация замещения у нафталина и его производных; восстановление (тетралин, декалин), окисление (нафтохиноны).

Нафталин, антрацен, фенантрен, тетрацен, 3,4-бензопирен. Углеродный скелет тетрацена как структурная основа антибиотиков тетрациклинового ряда.

Понятие о небензоидных карбоциклических ароматических соединениях.

Идентификация аренов, спектральные характеристики.

2.2. Галогенопроизводные углеводородов

Классификация, номенклатура, физические свойства галогенпроизводных углеводородов.

Галогеноалканы и галогеноциклоалканы. Характеристики связей углерод-галоген (длина, энергия, полярность, поляризуемость), реакционная способность галогенидов. Реакции нуклеофильного замещения; механизмы моно- и бимолекулярного замещения S_N1 и S_N2 . Синтез на основе галогенопроизводных углеводородов спиртов, простых и сложных эфиров, тиолов, сульфидов, сульфониевых солей, аминов, нитропроизводных,

нитрилов. Реакции отщепления (элиминирования): дегидрогалогенирование. Механизмы моно- и бимолекулярного элиминирования E1 и E2. Правило Зайцева. Конкурентность реакций нуклеофильного замещения и элиминирования. Реакции галогеноалканов с металлами. Реактив Гриньяра.

Аллил- и бензилгалогениды. Причины повышенной реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения.

Винил- и арилгалогениды. Причины низкой подвижности галогена.

Фтороуглеводороды, особенности физических и химических свойств.

Этилхлорид, тетрахлорометан, хлороформ, иодоформ, винилхлорид, хлорбензол, аллилхлорид, бензилхлорид, фторотан.

Идентификация галогенопроизводных углеводородов, спектральные характеристики.

2.3. Спирты, фенолы, тиолы, простые эфиры, сульфиды

Спирты: классификация, номенклатура, физические свойства. Кислотные свойства, образование алколютов. Основные свойства, образование оксониевых солей. Межмолекулярные водородные связи. Реакции замещения гидроксильной группы в реакциях с галогеноводородами и галогенидами фосфора, тионилхлоридом. Нуклеофильные свойства спиртов; образование простых и сложных эфиров, сложные эфиры неорганических кислот (сульфаты, фосфаты, ди- и трифосфаты). Реакции элиминирования, внутримолекулярная дегидратация спиртов. Окисление спиртов.

Метанол, этанол, пропанола, бутанола, бензиловый спирт.

Многоатомные спирты, кислотные свойства, образование хелатных комплексов вицинальными диолами.

Этиленгликоль, глицерин.

Идентификация спиртов, спектральные характеристики.

Фенолы: классификация, номенклатура, физические свойства. Кислотные свойства, образование фенолятов. Нуклеофильные свойства, образование простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование, карбоксилирование, формилирование, гидроксиметилирование, алкилирование, ацилирование. Окисление фенолов. Фенольные антиоксиданты. Восстановление фенолов.

Фенол, 2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота); 1- и 2- нафтолы, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, флороглюцин, пирогаллол.

Идентификация фенолов, спектральные характеристики.

Простые эфиры: номенклатура, физические свойства, основные свойства, образование оксониевых солей, нуклеофильное расщепление галогеноводородами, окисление. Представление об органических гидропероксидах и пероксидах. Оксираны (1,2-эпоксиды), особенности реакционной способности, раскрытие цикла с образованием вицинальных диолов и гетерофункциональных спиртов. Понятие о краун-эфирах.

Диэтиловый эфир, анизол, фенетол. Диоксан, тетрагидрофуран. Полиэтиленгликоль.

Идентификация простых эфиров, спектральные характеристики.

Тиолы: номенклатура, физические свойства. Кислотные свойства, образование тиолятов и солей с катионами тяжелых металлов. Нуклеофильные свойства: образование сульфидов и серных аналогов сложных эфиров. Окисление до дисульфидов и сульфоновых кислот. Восстановление до углеводов.

Сульфиды: номенклатура, физические свойства. Нуклеофильные свойства, образование сульфониевых солей. Окисление до сульфоксидов и сульфонов. Диметилсульфоксид.

Спектральные характеристики тиолов и сульфидов.

2.4. Амины. Азо-, диазосоединения

Амины: классификация, номенклатура, физические свойства. Основные свойства алифатических и ароматических аминов, аммониевые соли. Кислотные свойства аминов, амиды щелочных металлов. Нуклеофильные свойства, образование аминов, четвертичных аммониевых солей и амидов. Четвертичные аммониевые основания, их расщепление при нагревании. Карбиламинная (изонитрильная) реакция. Реакции первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Реакции электрофильного замещения в ароматических аминах: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование и ацилирование.

Этил-, диэтил-, триэтиламины, этилендиамин, гексаметилендиамин, анилин, N-метиланилин, N, N-диметиланилин, толуидины, фенетидины, дифениламин, фенилендиамины (о-, м-, п-), нафтиламины.

Идентификация аминов, спектральные характеристики аминов.

Диазо- и азосоединения: классификация, номенклатура. Строение ароматических солей диазония. Реакция диазотирования, ее механизм, условия проведения. Реакции ароматических солей диазония с выделением азота, замещение диазогруппы на гидроксигруппу, алкоксигруппу, галогены, цианогруппу, нитрогруппу, водород. Реакции ароматических солей диазония без выделения азота. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Использование реакции азосочетания для идентификации фенолов и ароматических аминов. Азокрасители (метилоранжевый, метилоранжевый, метилоранжевый, метилоранжевый), их индикаторные свойства.

Алифатические диазосоединения. Диазометан, его алкилирующие свойства.

2.5. Альдегиды и кетоны

Классификация, номенклатура, физические свойства, реакционная способность альдегидов и кетонов.

Реакции нуклеофильного присоединения, их обратимость и механизмы. Кислотный катализ нуклеофильного присоединения. Присоединение воды (образование и устойчивость гидратных форм альдегидов и кетонов). Присоединение спиртов (образование полуацеталей и ацеталей), присоединение гидросульфита натрия, циановодорода, магнийорганических соединений (синтез спиртов). Полимеризация альдегидов (параформ, паральдегид).

Реакции присоединения-отщепления; образование иминов (оснований Шиффа), оксимов, гидразонов, семикарбазонов, тиосемикарбазонов. Взаимодействие формальдегида с аммиаком (гексаметилентетрамин).

Реакции с участием СН-кислотного центра α -углеродного атома альдегидов и кетонов. Енолизация, строение енолят-иона, кето-енольная таутомерия. Конденсации альдольного и кротонового типов, перекрестные конденсации. α -Галогенирование альдегидов и кетонов, галоформные реакции; иодоформная проба.

Окисление и восстановление альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов гидроксидами серебра и меди (II). Восстановление альдегидов и кетонов гидридами и комплексными гидридами металлов. Восстановление по Кижнеру-Вольфу и Клемменсену как способы удаления оксогруппы. Диспропорционирование альдегидов (реакция Канниццаро).

Формальдегид, ацетальдегид, хлораль (хлоралгидрат), акролеин, бензальдегид, ацетон, циклогексанон, ацетофенон.

Идентификация альдегидов и кетонов, спектральные характеристики.

Хиноны. Особенности строения бензо- и нафтохинонов, физические свойства. π -Акцепторные свойства. Окислительные свойства хинонов; реакции присоединения. Антрахинон. Убихиноны. Витамин К.

2.6. Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот

Карбоновые кислоты: классификация, номенклатура, физические свойства.

Строение карбоксилат-иона. Кислотные свойства моно- и дикарбоновых кислот.

Реакции нуклеофильного замещения у sp^2 -гибридного атома углерода; образование функциональных производных карбоновых кислот (галогенангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды). Образование циклических ангидридов янтарной, глутаровой, малеиновой кислотами.

Галогенирование алифатических карбоновых кислот по Геллю-Фольгарду-Зелинскому; использование α -галогенозамещенных кислот для синтеза α -гидрокси-, α -амино- и α , β -непредельных кислот.

Декарбоксилирование моно- и дикарбоновых кислот.

Муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, изовалериановая, акриловая, метакриловая, бензойная и коричная кислоты, щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, адипиновая, малеиновая, фумаровая, фталевые кислоты.

Функциональные производные карбоновых кислот: классификация, номенклатура, реакции нуклеофильного замещения (реакции ацилирования), сравнительная характеристика ацилирующей способности.

Ангидриды и галогенангидриды как активные ацилирующие агенты. Уксусный ангидрид. Ацетилхлорид. Фталевый ангидрид. Фенолфталеин, синтез, индикаторные свойства.

Сложные эфиры. Кислотный и щелочной гидролиз сложных эфиров, переэтерификация, аммонолиз сложных эфиров. Сложноэфирная конденсация.

СН-Кислотные свойства малонового эфира. Синтез карбоновых кислот на основе малонового эфира. Этилацетат, малоновый эфир.

Амиды карбоновых кислот. Особенности строения амидной группы. Кислотно-основные свойства амидов. Кислотный и щелочной гидролиз амидов. Расщепление амидов гипобромитами и азотистой кислотой. Дегидратация в нитрилы. Этанамид, бензамид.

Гидролиз, восстановление нитрилов. Имиды, их алкилирование, гидролиз. Этаннитрил, бензонитрил. Гидразиды карбоновых кислот. Гидроксамовые кислоты.

Идентификация карбоновых кислот и их функциональных производных, гидроксамовая проба, спектральные характеристики.

Поликонденсационные высокомолекулярные соединения. Поликонденсация дикарбоновых кислот с диаминами как способ получения полиамидов. Найлон. Полимеризация ϵ -капролактама (капрон). Поликонденсация дикарбоновых кислот с этиленгликолем (лавсан).

Полисилоксаны. Строение силоксановой связи, свойства полисилоксанов (термическая устойчивость, гидрофобность, биологическая инертность).

2.7. Функциональные производные угольной кислоты. Сульфоновые кислоты и их функциональные производные

Функциональные производные угольной кислоты: фосген, хлоругольные эфиры, карбаминовая кислота и ее эфиры (уретаны). Карбамид (мочевина): гидролиз, основные и нуклеофильные свойства. Ацилмочевины (уреиды), уреидокислоты. Взаимодействие мочевины с азотистой кислотой и гипобромитами. Образование биурета; биуретовая реакция. Гуанидин, его основные свойства.

Сульфоновые кислоты: классификация, номенклатура, кислотные свойства, образование солей. Десульфирование ароматических сульфокислот. Нуклеофильное замещение в аренсульфокислотах (реакция щелочного плавления). Функциональные производные сульфокислот: эфиры, амиды, хлорангидриды.

3. Гетерофункциональные органические соединения. Пептиды и белки

3.1. Гидрокси-, фенол- и оксокарбоновые кислоты

Гидроксикарбоновые кислоты: классификация, номенклатура, химические свойства как гетерофункциональных соединений. Специфические реакции α -, β -, γ -, δ -гидроксикислот. Лактоны, лактиды. Одноосновные (молочные), двухосновные (винные, яблочные) и трехосновные (лимонная) кислоты.

Фенолкарбоновые кислоты. Салициловая кислота: химические свойства как гетерофункционального соединения; эфиры салициловой кислоты (метилсалицилат, фенолсалицилат, ацетилсалициловая кислота). п-Аминосалициловая кислота (ПАСК). Кумаровая, галловая кислоты. Представление о дубильных веществах.

Оксокарбоновые кислоты: классификация, номенклатура, химические свойства как гетерофункциональных соединений, специфические свойства.

Кето-енольная таутомерия β -дикарбонильных соединений (ацетилацетон, ацетоуксусный эфир). Синтез карбоновых кислот и кетонов на основе ацетоуксусного эфира. Глиоксиловая, пировиноградная, ацетоуксусная, щавелевоуксусная, α -кетоглутаровая кислоты.

3.2. Аминокислоты. Пептиды и белки. Аминоспирты и аминофенолы

Классификация аминокислот. Аминокислоты и аминосульфоновые кислоты. Химические свойства как гетерофункциональных соединений. Специфические реакции α -, β -, γ -, δ -аминокислот. Лактамы, дикетопиперазины. Понятие о строении β -лактамных антибиотиков.

α -Аминокислоты: строение и классификация α -аминокислот белков, стереоизомерия, физические свойства, амфотерность, изоэлектрическая точка, образование хелатных соединений. Идентификация α -аминокислот.

Пептиды и белки, строение. Амидная природа пептидной связи. Частичный и полный гидролиз, амфотерность пептидов и белков. Идентификация пептидов и белков.

Пептидная природа некоторых гормонов (окситоцин, вазопрессин, инсулин) и лекарственных средств (эналаприл).

α -Аминомасляная кислота. Пирацетам.

p -Аминобензойная кислота. Бензокаин, прокаин, прокаинамид. o -Аминобензойная (антраниловая) кислота.

Сульфаниловая кислота. Сульфаниламид (стрептоцид). Общий принцип строения сульфаниламидных лекарственных средств.

p -Аминофенол, его производные, применяемые в медицине (парацетамол). Катехоламины. Адреналин, норадреналин.

Биогенные амины; 2-аминоэтанол (коламин), холин, ацетилхолин.

4. Углеводы

4.1. Моносахариды

Классификация моносахаридов (альдозы и кетозы, пентозы и гексозы); дезокси- и аминосахара. Номенклатура моносахаридов. Стереоизомерия; D- и L- стереохимические ряды, эпимеры. Открытые и циклические формы (фуранозы, пиранозы). α - и β -Аномеры. Формулы Хеуорса. Конформации циклических форм. Цикло-оксо- (кольчато-цепная) таутомерия. Мутаротация растворов.

Физические свойства моносахаридов. Химические свойства моносахаридов. Образование простых и сложных эфиров. Реакции полуацетальной группы: образование гликозидов. O-, N- и S-гликозиды; их отношение к гидролизу. Понятие о C-гликозидах. Изомеризация в щелочной среде (реакция эпимеризации). Окисление моносахаридов. Гликоновые, гликарвые и гликуроновые кислоты. Восстановление моносахаридов в полиолы (альдиты).

Пентозы: D-арабиноза, D-ксилоза, D-рибоза. Гексозы: D-глюкоза, D-галактоза, D-манноза, D-фруктоза. 2-Дезокси-D-рибоза, D-глюкозамин, D-сорбит, ксилит. D-Гликуроновая, D-галактуроновая, D-глюконовая кислоты. Аскорбиновая кислота (витамин C).

4.2. Олигосахариды и полисахариды

Строение восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов. Номенклатура олигосахаридов. Таутомерия восстанавливающих дисахаридов. Гидролиз, метанолиз. Сложные и простые эфиры. Отношение к окислению.

Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза.

Классификация полисахаридов. Принцип строения и номенклатура гомополисахаридов. Сложные и простые эфиры полисахаридов: ацетаты, нитраты, метил-, карбоксиметил- и диэтиламиноэтилцеллюлоза.

Крахмал (амилоза, амилопектин), гликоген, целлюлоза, хитин, декстраны, инулин, пектиновые вещества. Гидролиз полисахаридов и их производных.

Гиалуроновая кислота. Хондроитинсульфаты. Гепарин.

Понятие о строении аминокликозидных антибиотиков и гликопептидов.

5. Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты

5.1. Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений. Пятичленные гетероциклические соединения

Классификация гетероциклических соединений. Родоначальные гетероциклические соединения. Основы систематической номенклатуры. Строение пяти- и шестичленных ароматических гетероциклических соединений, электроноизбыточные и электронодефицитные гетероциклы. Характеристика термодинамической устойчивости ароматических гетероциклов.

Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Кислотные свойства пиррола. Ацидофобность пиррола и фурана. Реакции электрофильного замещения. Реакции восстановления и окисления.

Пиррол, тиофен, фуран, пирролидин, тетрагидрофуран.

Фурфурол, семикарбазон 5-нитрофурфуrolа (нитрофурал). Цианокобаламин – витамин В₁₂. Бензопиррол (индол), β-индолилуксусная кислота. Понятие о строении хлорофилла и гемоглобина.

Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Ароматические представители: пиразол, имидазол, тиазол, оксазол. Кислотно-основные свойства, образование ассоциатов. Нуклеофильные свойства. Реакции электрофильного замещения в пиразоле и имидазоле. Таутомерия пиразола и имидазола.

Пиразолон, таутомерия. Лекарственные средства на основе пиразолон.

Производные имидазола: гистидин, гистамин, бензимидазол.

Тиазолидин.

5.2. Шестичленные гетероциклические соединения

Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Ароматические представители: пиридин, хинолин, изохинолин. Основные свойства пиридина. Реакции электрофильного замещения. Реакции нуклеофильного замещения (аминирование, гидроксильное замещение). Таутомерия гидроксипроизводных и аминопроизводных пиридина. Нуклеофильные свойства пиридина. Алкилпиридиниевый ион и его взаимодействие с гидрид-ионом как химическая

основа окислительно-восстановительного действия кофермента НАД⁺ (никотинамидадениндинуклеотид).

Гомологи пиридина: α -, β - и γ -пиколины; СН-кислотные свойства, окисление. Никотиновая и изоникотиновая кислоты. Амид никотиновой кислоты (витамин РР), гидразид изоникотиновой кислоты (изониазид). Пиперидин, хинуклидин: основные свойства.

Пиридоксаль, пиридоксальфосфат. Общие представления о строении и свойствах соединений группы витамина В₆.

Хинолин и изохинолин: основные и нуклеофильные свойства, реакции электрофильного и нуклеофильного замещения.

8-Гидроксихинолин, хинолон-4 и их производные, применяемые в медицине.

Группа пирана. Неароматичность α - и γ -пиранов, α - и γ -пироны. Соли пирилия, ароматичность катиона пирилия. Цианидиновая проба. Производные бензопирана: хроман, хромены, хромон, бензопироны. Флаван, флаванон, флафон, их гидроксипроизводные (катехины, флавоноиды). Лютеолин, кверцетин, рутин. Токоферолы (витамины группы Е).

Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Ароматические представители диазинов: пиримидин, пиазин, пиридазин. Пиримидин, его гидрокси- и аминопроизводные: урацил, тимин, цитозин, таутомерия. 5-Фторурацил. Барбитуровая кислота: лактим-лактамина и кето-енольная таутомерия, кислотные свойства. Производные барбитуровой кислоты (барбитураты): барбитал, фенобарбитал. Тиамин (витамин В₁). Оксазин, феноксазин. Тиазин, фенотиазин.

Понятие о семичленных гетероциклах. Диазепин, бензодиазепин. Представление о строении лекарственных средств бензодиазепинового ряда.

5.3. Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды

Пурин. Кислотные и основные свойства, таутомерия пурина. Реакции галогенопроизводных пурина с нуклеофильными реагентами. Гидроксипроизводные пурина (гипоксантин, ксантин, мочевиная кислота), их таутомерия. Кислотные свойства мочевиной кислоты, кислые и средние ураты. N-Метилированные ксантины (кофеин, теофиллин, теобромин), кислотные и основные свойства, реакции электрофильного замещения. Мурексидная проба. Аминопроизводные пурина (аденин, гуанин): таутомерия, реакции с азотистой кислотой.

Птеридин и изоаллоксазин. Фолиевая кислота. Рибофлавин.

Алкалоиды: химическая классификация, основные свойства, образование солей. Реакции с общеалкалоидными осадительными реактивами. Алкалоиды группы пиридина: никотин, анабазин. Алкалоиды группы хинолина: хинин. Талейохинная проба. Алкалоиды групп бензилизохинолина и фенантренизохинолина: папаверин, морфин, кодеин. Алкалоиды группы тропана: атропин, скополамин.

5.4. Нуклеозиды, нуклеотиды. Понятие о нуклеиновых кислотах

Нуклеозиды. Строение нуклеозидов как N-гликозидов. Рибонуклеозиды и дезоксирибонуклеозиды. Пиримидиновые и пуриновые азотистые

(нуклеиновые) основания. Номенклатура нуклеозидов, конформационное строение, гидролиз. 3-Азидотимидин.

Нуклеотиды. Строение нуклеотидов как фосфатов нуклеозидов и как кислот. Рибонуклеотиды и дезоксирибонуклеотиды. Номенклатура нуклеотидов, гидролиз. Циклофосфаты. Нуклеозидполифосфаты. Никотинамидадениндинуклеотиды.

Нуклеиновые кислоты. Рибонуклеиновые (РНК) и дезоксирибонуклеиновые (ДНК) кислоты. Первичная структура нуклеиновых кислот как полинуклеотидов с фосфодиэфирными связями. Понятие о вторичной структуре нуклеиновых кислот. Комплементарные пары нуклеиновых оснований.

6. Омыляемые липиды. Изопреноиды

6.1. Омыляемые липиды

Липиды. Физические свойства омыляемых липидов. Простые и сложные омыляемые липиды. Насыщенные и ненасыщенные высшие жирные кислоты, особенности строения и номенклатуры, омега кислоты. Пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая кислоты. Спиртовой компонент омыляемых липидов. Цетиловый, стеариловый, мирициловый спирты, глицерин, сфингозин.

Воски. Пчелиный воск. Спермацет. Ланолин.

Жиры, масла (триацилглицерины): номенклатура.

Фосфолипиды. L-Глицеро-3-фосфат, фосфатидные кислоты. Фосфатидилхолины, фосфатидилколамины, фосфатидилсерин. Дифильное строение.

Гидролиз, переэтерификация (метанолиз), гидрирование, присоединение галогенов, окисление омыляемых липидов.

6.2. Терпены и терпеноиды. Стероиды

Изопреноиды: классификация, принцип строения, изопреновое правило, физические свойства.

Терпены и терпеноиды: классификация, номенклатура, строение и типичная реакционная способность. Родоначальные монотерпеновые углеводороды (2,6-диметилуктан, ментан, пинан, борнан). Ациклические монотерпены (цитраль), моноциклические монотерпены и монотерпеноиды (лимонен, ментол, терпин), бициклические монотерпены и монотерпеноиды (α -пинен, борнеол, камфора). Дитерпеноиды (ретинол, ретиналь), витамин А. Тетратерпены (β -каротин), провитамин А.

Строение гонана (циклопентанопергидрофенантрен): структура, нумерация атомов углерода, кольца А, В, С, D); стереоизомерия, цис- и транс-сочленения колец, α , β -система обозначения конфигурации центров хиральности. Типы сочленения колец А, В, С, D в молекулах природных стероидов, 5α - и 5β - стереохимические ряды стероидов.

Классификация и номенклатура природных стероидных соединений. Родоначальные углеводороды, гомологи гонана: эстран, андростан, прегнан, холан, холестеран. Группы стероидов: стеринны, желчные кислоты,

кортикостероиды, андрогенные гормоны, эстрогенные гормоны, агликоны (генины) сердечных гликозидов.

Стерины (холестерин, эргостерин). Изамеризация эргостерина в витамин D₂, холестерина – в витамин D₃.

Желчные кислоты (холевая, дезоксихолевая, гликохолевая, таурохолевая). Эмульгирующее действие.

Кортикостероиды (гидрокортизон, дезоксикортикостерон, преднизолон).

Андрогенные гормоны (тестостерон, андростерон).

Эстрогенные гормоны (эстрадиол, эстрон, эстриол).

Агликоны (генины) сердечных гликозидов, карденолиды (дигитоксигенин, строфантин) и буфадиинолиды. Общий принцип строения сердечных гликозидов. Гидролиз.

7. Синтез. Методы выделения и очистки. Физические константы вещества как критерии чистоты и идентификации

Общие принципы планирования химического синтеза, ретросинтетический анализ. Условия реакции, их обеспечение. Приборы для химического синтеза. Способы введения кратных связей, функциональных групп галогенопроизводных углеводородов, спиртов, фенолов, аминов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот, сложных эфиров, амидов.

Выделение из смесей, очистка вещества фильтрованием, экстракцией, перегонкой, перекристаллизацией, возгонкой: физико-химические основы методов, основные принципы работы, оборудование.

Определение температуры кипения, температуры плавления: работа с капилляром, приборы, оборудование, методика работы. Главные эмпирические закономерности влияния состава и строения молекул на температуры кипения и плавления вещества. Применение физических констант вещества для его идентификации. Метод температуры плавления смешанной пробы. Температура каплепадения.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**Литература****Основная:**

1. Органическая химия : учебник : для студентов учреждений высш. проф. образования, обучающихся по специальности «Фармация» по дисциплине «Органическая химия» / Н. А. Тюкавкина [и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной ; М-во образования и науки РФ. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 639 с.

Дополнительная:

2. Органическая химия : учебник : для студентов учреждений высш. проф. образования, обучающихся по специальности «Фармация» по дисциплине «Органическая химия» / Н. А. Тюкавкина [и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной ; М-во образования и науки РФ. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 639 с.

3. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Фармация» : [в 2 кн.]. Кн. 1 : Основной курс / В. Л. Белобородов [и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. – Москва : Дрофа, 2008. – 638 с. : ил.

4. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Фармация» : [в 2 кн.]. Кн. 2 : Специальный курс / Н. А. Тюкавкина [и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. – Москва : Дрофа, 2008. – 592 с. : ил.

5. Биоорганическая химия : учеб. пособие / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : Новое знание, 2022. – 280 с.

5. Грандберг, И. И. Органическая химия : учеб. для академ. бакалавриата / И. И. Грандберг, Н. Л. Нам. – 8-е изд. – Москва : Юрайт, 2014. – 607 с.

6. Реутов, О. А. Органическая химия : в 4 ч. : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности «Химия» / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. – 6-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2020.

Ч. 1. – 566, [1] с. : ил.

Ч. 2. – 622, [1] с. : ил.

Ч. 3. – 543, [1] с. : табл.

Ч. 4 – 722, [4] с. : табл.

7. Шабаров, Ю. С. Органическая химия : учебник / Ю. С. Шабаров. – Изд. 5-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2018. – 846 с. : ил.

8. Щеголев, А. Е. Органическая химия для фармацевтических и химико-биологических специальностей вузов : учеб. пособие / А. Е. Щеголев, И. П. Яковлев. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 542 с.

Примерный перечень результатов обучения

В результате изучения учебной дисциплины «Органическая химия» студент должен:

знать:

классификацию и номенклатуру органических соединений;

основы стереоизомерии, электронное строение и реакционную способность органических соединений;

взаимосвязь классов органических соединений;

качественные реакции на функциональные группы и структурные фрагменты;

основы физико-химических методов определения строения органических соединений;

значение определенных классов органических соединений в медицине и фармации;

уметь:

классифицировать органические соединения по их строению;

записывать химические формулы соединений по систематическим названиям, составлять систематические названия соединений по их формулам;

прогнозировать особенности электронного и пространственного строения, спектральные характеристики органических соединений;

владеть:

навыками прогнозирования реакционной способности органических соединений;

методикой планирования и выполнения химического эксперимента по качественному функциональному анализу органических соединений.

Примерный перечень практических навыков

1. Записывать химические формулы соединений по систематическим названиям, составлять систематические названия соединений по их формулам, классифицировать соединения.

2. Прогнозировать реакционную способность органических соединений на основе электронного и пространственного строения, записывать схемы химических реакций.

3. Планировать и выполнять химический эксперимент по качественному функциональному анализу органических соединений, подтверждать структуру на основе физико-химических (спектральных) методов.

4. Планировать и выполнять химический эксперимент по синтезу и очистке органических соединений.