

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Контрольный
экземпляр

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, профессор
И.Н. Мороз
02.07.2022
Рег. № УД- Л. 404/2223 /уч.
Г. МИНСК

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-79 01 08 «Фармация»

Учебная программа разработана на основе типовой учебной программы для специальности 1-79 01 08 «Фармация», утвержденной 28.06.2022, регистрационный № ТДХ.704/мин; учебного плана по специальности 1-79 01 08 «Фармация», утвержденного 18.05.2022, регистрационный № к.49-1-8/2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

О.Н.Ринейская, заведующий кафедрой биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент;

Ф.Ф. Лахвич, доцент кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат химических наук, доцент

Г.П. Фандо, доцент кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (протокол № 16 от 23.05.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (протокол № 6 от 29.06.2022)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Органическая химия» – учебная дисциплина химического модуля, содержащая систематизированные научные знания о связи структуры органических веществ с их химическими, физико-химическими и биологическими свойствами, а также о методах их синтеза, выделения, очистки и идентификации.

Цель учебной дисциплины «Органическая химия» – формирование универсальных и базовых профессиональных компетенций для понимания связи между строением и свойствами органических веществ, а также современных методов их исследования, что необходимо для профессиональной деятельности провизора как специалиста с высшим образованием.

Задачи учебной дисциплины «Органическая химия» состоят в формировании научных знаний о классификации, номенклатуре, строении и свойствах основных классов моно-, поли- и гетерофункциональных органических соединений, механизмах органических реакций, природных биологически значимых соединений, методах исследования органических соединений; свойствах и реакционной способности органических соединений, в том числе тех, которые выполняют в организме определенные биологические функции и (или) применяются как лекарственные средства, принципов синтеза и самоорганизации биологических макромолекул; умений и навыков, необходимых для прогнозирования строения и свойств органических соединений, направления и результата их химических превращений, предсказания и интерпретации спектральных характеристик органических соединений, по планированию и выполнению научного эксперимента по синтезу, выделению и идентификации органических веществ, в том числе в рамках инструментальных методов и качественного функционального анализа.

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 следующими базовыми профессиональными компетенциями:

БПК: Применять знания основных физических, химических и биологических закономерностей для контроля качества лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.

В результате изучения учебной дисциплины «Органическая химия» студент должен

знать:

- классификацию и номенклатуру органических соединений;
- основы стереоизомерии, электронное строение и реакционную способность органических соединений;
- генетическую 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, их синтезу, очистке и определению физических констант;

навыками работы со справочной и учебной литературой, составления реферативных обзоров, отчетов о выполненном эксперименте.

В рамках образовательного процесса по данной 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 408 академических часов. Распределение аудиторных часов по видам занятий: 30/12¹ часов лекций (в том числе 10 часов управляемой самостоятельной работы (УСР)), 185/36¹ часов лабораторных занятий, 193/360¹ часа самостоятельной работы студента.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с учебным планом по специальности в форме зачета (3 семестр) и экзамена (4 семестр).

Форма получения образования – очная дневная (заочная).

¹ Для заочной формы получения образования

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЮДЖЕТА УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО СЕМЕСТРАМ

(ОЧНАЯ ДНЕВНАЯ ФОРМА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)

Шифр, название специальности	Семестр	Количество часов учебных занятий						Форма промежуточной аттестации
		всего	аудиторных	из них			самостоятельных внеаудиторных	
				Лекций (в т.ч. УСП)	УСП	лабораторных		
1-79 01 08 «Фармация»	3	210	115	20	7,5	95	95	зачет
	4	198	100	10	2,5	90	98	экзамен
Всего часов		408	215	30	10	185	193	

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЮДЖЕТА УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО СЕМЕСТРАМ

(ЗАОЧНАЯ ФОРМА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)

Шифр, название специальности	Семестр	Количество часов учебных занятий					Форма промежуточной аттестации
		всего	аудиторных	из них		самостоятельных внеаудиторных	
				лекций	лабораторных		
1-79 01 08 «Фармация»	2	70	7	4	3	63	
	3	140	22	4	18	118	зачет
	4	198	19	4	15	179	экзамен
Всего часов		408	48	12	36	360	

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

(ОЧНАЯ ДНЕВНАЯ ФОРМА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)

Наименование раздела, темы	Количество часов аудиторных занятий	
	лекций	лабораторных
1. Основы строения органических соединений. Спектральные методы установления строения	6	45
1.1. Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	-	5
1.2. Электронное строение молекул органических соединений. Взаимное влияние атомов в молекуле	-	5
1.3. Пространственное строение молекул. Стереизомерия	2	5
1.4. Спектральные методы установления строения и идентификации соединений	2	10
1.5. Классификация реакций органических соединений. Нуклеофилы и электрофилы. Кислотные и основные свойства органических соединений	2	10
1.6. Основы молекулярного дизайна и моделирования <i>in silico</i> органических соединений	-	10
2. Важнейшие классы моно- и полифункциональных органических соединений: особенности строения и номенклатуры, реакционная способность, идентификация	16	60
2.1. Углеводороды	4	20
2.2. Галогенпроизводные углеводородов	2	5
2.3. Спирты, фенолы, тиолы, простые эфиры, сульфиды	2	10
2.4. Амины[яса1]. Азо-, диазосоединения	2	5
2.5. Альдегиды и кетоны	4	10
2.6. Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот	2	5
2.7. Функциональные производные угольной кислоты. Сульфокислоты и их функциональные производные	-	5
3. Гетерофункциональные органические соединения. Пептиды и белки	2	15
3.1. Гидрокси-, фенол- и оксокарбоновые кислоты	2	5
3.2. Аминокислоты. Аминоспирты и аминфенолы	-	10
4. Синтез. Методы выделения и очистки. Физические константы вещества как критерии чистоты и идентификации	2	30
4.1. Основы методологии и методики современного органического синтеза.	-	15

4.2. Низкомолекулярные биорегуляторы природного и синтетического происхождения	2	5
4.3. Полимеры в медицине и фармации	-	10
5. Омыляемые липиды. Изопреноиды	2	10
5.1. Омыляемые липиды	-	3
5.2. Терпены и терпеноиды	-	2
5.3. Стероиды	2	5
6. Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты	-	15
6.1. Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений. Пятичленные гетероциклические соединения	-	5
6.2. Шестичленные гетероциклические соединения	-	5
6.3. Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды	-	3
6.4. Нуклеозиды, нуклеотиды. Понятие о нуклеиновых кислотах	-	2
7. Углеводы	2	10
7.1. Моносахариды	2	5
7.2. Олигосахариды и полисахариды	-	5
Всего часов	30	185

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН
(ЗАОЧНАЯ ФОРМА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)

Наименование раздела, темы	Количество часов аудиторных занятий		самостоятельная работа
	Лекций	Лабораторных	
1. Основы строения органических соединений. Спектральные методы установления строения	4	9	121
1.1. Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	-	2	20
1.2. Электронное строение молекул органических соединений. Взаимное влияние атомов в молекуле	-	-	20
3. Пространственное строение молекул. Стереизомерия	2	1	23
1.4. Спектральные методы установления строения и идентификации соединений		3	18
1.5. Классификация реакций органических соединений. Нуклеофилы и электрофилы. Кислотные и основные свойства органических соединений	2	3	20
1.6. Основы молекулярного дизайна и моделирования <i>in silico</i> органических соединений	-	-	20

2. Важнейшие классы моно- и полифункциональных органических соединений: особенности строения и номенклатуры, реакционная способность, идентификация	6	12	35
2.1. Углеводороды	2	-	5
2.2. Галогенпроизводные углеводородов		3	5
2.3. Спирты, фенолы, тиолы, простые эфиры, сульфиды		-	5
2.4. Амины. Азо-, diaзосоединения		3	5
2.5. Альдегиды и кетоны	2	3	5
2.6. Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот	2	3	5
2.7. Функциональные производные угольной кислоты. Сульфокислоты и их функциональные производные		-	5
3. Гетерофункциональные органические соединения. Пептиды и белки		3	10
3.1. Гидрокси-, фенол- и оксокарбоновые кислоты	-	-	5
3.2. Аминокислоты. Аминоспирты и аминфенолы	-	3	5
4. Синтез. Методы выделения и очистки. Физические константы вещества как критерии чистоты и идентификации	-	3	35
4.1. Основы методологии и методики современного органического синтеза.	-	3	15
4.2. Низкомолекулярные биорегуляторы природного и синтетического происхождения	-	-	10
4.3. Полимеры в медицине и фармации	-	-	10
5. Омыляемые липиды. Изопреноиды	-	3	50
5.1. Омыляемые липиды	-	1	15
5.2. Терпены и терпеноиды	-	1	15
5.3. Стероиды	-	1	20
6. Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты		3	60
6.1. Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений. Пятичленные гетероциклические соединения		3	15
6.2. Шестичленные гетероциклические соединения		-	15
6.3. Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды		-	15
6.4. Нуклеозиды, нуклеотиды. Понятие о нуклеиновых кислотах		-	15
7. Углеводы	2	3	49
7.1. Моносахариды	2	3	20
7.2. Олиго- и полисахариды	-	-	29
Всего часов	12	36	360

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 дисциплин в системе фармацевтического образования.

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

Современная классификация и номенклатура органических соединений. Тривиальные названия. Основные принципы систематической номенклатуры IUPAC (IUPAC-Международный союз теоретической и прикладной химии): заместительная и радикально-функциональная номенклатуры. Представление о специальных номенклатурах (спиро-, би- и полициклы; липиды, стероиды и др.). Особенности использования заместительной номенклатуры IUPAC в практике наименования компонентов лекарственных средств. Использование других номенклатур и тривиальных названий в химии лекарственных средств. Особенности транслитерации систематических и тривиальных названий лекарственных средств при переводе с иностранных языков.

Типы химических формул. Программные пакеты визуализации строения молекул на плоскости и с помощью 3D-моделей (Chem Office и др.). Использование программного пакета Chem Office для взаимной конвертации структура-название.

1.2. Электронное строение молекул. Взаимное влияние атомов в молекуле

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

Химическая связь. Типы химических связей в органических соединениях. Ковалентные σ - и π - связи. Строение двойных ($C=C$, $C=O$, $C=N$) и тройных ($C\equiv C$, $C\equiv N$) связей; их основные характеристики (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Взаимное влияние атомов в молекуле как основа снижения или повышения биологической активности и/или биодоступности веществ.

Делокализованные химические связи. Сопряжение (π, π - и p, π -сопряжение). Сопряженные системы с открытой и замкнутой цепью. Ароматические системы. Строение ароматических карбо- и гетероциклических соединений. Устойчивость ароматических соединений. Теоретические критерии ароматического строения, правило Хюккеля. Понятие об антиароматических и неароматических циклических соединениях с максимальным числом чередующихся двойных и простых связей.

Типы слабых взаимодействий. Водородная связь. Галогеновая связь. Ион-дипольные взаимодействия. Гидрофобные взаимодействия. Роль слабых взаимодействий в формировании аффинности биогенных агонистов и

экзогенных агентов (лекарственные средства и токсиканты) с биологическими макромолекулами (протеины, нуклеотиды и другие мишени).

Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений и способы его передачи. Электронные эффекты: индуктивный и мезомерный (сопряжения). Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Понятие о пространственных эффектах. Распределение электронной плотности в функциональных группах и углеводородной основе молекулы и способы графического обозначения поляризации связей.

Влияние функциональных групп на реакционную способность и физико-химические свойства (гидрофильность/ гидрофобность; липофильность/ липофобность), связь с биологической активностью и биодоступностью. Понятие о биоизостерных группах.

1.3. Пространственное строение молекул. Стереои́зомерия

Конфигурация и конформация молекулы. Визуализация пространственного строения молекулы: молекулярные модели, стереохимические формулы, проекционные формулы *Фишера* и *Ньюмена*. Связь пространственного строения с биологической активностью веществ.

Стереои́зомерия. Конфигурационные и конформационные стереои́зомеры.

Диастереомеры и энантиомеры. Примеры σ - и π -диастереомеров. Структурные признаки σ - и π -диастереомерии. Дифференциация физических и химических свойства π -диастереомеров. Диастереотопные и энантиотопные атомы (группы) и стороны.

Хиральность и ее связь с (а)симметрией молекулы. Элементы симметрии молекулы (центр, плоскость и ось симметрии). Типы хиральности, центр хиральности. Асимметрический атом. Примеры соединений с центральным типом хиральности, ассоциированным и неассоциированным с конкретным атомом. Аксиальный тип хиральности. Планарный тип хиральности. Примеры лекарственных средств с различными типами хиральности.

Энантиомеры как оптические антиподы. Оптическая активность как характеристическое физическое свойство хиральных веществ. Поляриметрия, угол вращения, удельное вращение. Лево- и правовращающие вещества.

Рацематы. Рацемический кристалл, конгломерат, рацемическая смесь. Методы разделения рацематов.

Понятие о стереодифференциация атомов (групп атомов) внутри молекулы. Диастереотопные, энантиотопные и гомотопные атомы (группы) и стороны. Концепция прохиральности.

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

Конформации алканов и углеводородных заместителей, их энергетическая характеристика. Заслоненные и заторможенные (анти и гош-) конформации относительно одной связи. Зигзагообразная и клешневидная конформации алканов.

Конформации циклоалканов. Напряженность малых циклов. Неплоское

строение обычных циклов. Конформации циклогексана. Энергетическая характеристика конформаций кресла и ванны. Конформация искаженной ванны (твист-конформация). Аксиальные и экваториальные связи. Инверсия цикла. 1,3-Диаксиальное взаимодействие у производных циклогексана. Конформационная энергия заместителя, ее влияние на положение конформационного равновесия. Другие взаимодействия, влияющие на конформационное равновесие. Представление о конформационном анализе гетероаналогов циклоалканов: тетрагидропиранине, тетрагидрофуране и пиперидине.

Роль слабых взаимодействий и растворителей на положение конформационного равновесия. Стабилизация конформаций за счет образования внутри- и межмолекулярных водородных связей.

Стереохимическая номенклатура. Правила старшинства Кана-Ингольда-Прелога как основа систематической R/S-номенклатуры для хиральных веществ, соединений с кратными связями и циклами. E/Z-номенклатура п-диастереомеров и циклов. Устаревшие виды номенклатуры стереоизомеров, используемые в биохимии, фармакологии (D, L, цис, транс- и др.), связь с современной систематической номенклатурой.

Особенности стереохимии и номенклатуры лекарственных средств. Использование программного пакета Chem Office для определения стереохимии соединений. Особенности построения моделей на плоскости с учетом необходимости корректного отражения конфигурации; взаимная трансформация плоскостных и трехмерных моделей.

1.4. Спектральные методы установления строения и идентификации соединений

Спектр электромагнитного излучения. Оптическая (электронная, инфракрасная) и радиочастотная области спектра. Основное и возбужденные состояния молекулы. Энергия возбуждения. Избирательность поглощения энергии молекулой. Природа возбуждения молекулы при поглощении энергии в электронной, инфракрасной и радиочастотной областях спектра.

Оптическая абсорбционная спектроскопия в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра (электронная спектроскопия), диапазон регистрации спектра. Оптическая плотность, закон *Бугера-Ламберта-Бера*. 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 электронной спектроскопии.

Оптическая абсорбционная спектроскопия в инфракрасной области спектра (инфракрасная, колебательная спектроскопия), 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. Различные методы ИК-спектроскопии: жидкие и твердые пробы; ИК спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR); ИК спектроскопия с нарушенным полным внутренним отражением (НПВО). Растворители и пробоподготовка в ИК-спектроскопии.

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса, 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. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса на протонах (ЯМР ^1H). Эффект экранирования ядер водорода в молекуле. Определение магнитноэквивалентных (гомтопных и энантиотопных) и магнитнонеэквивалентных (диастереотопных и структурно-отличных) атомов и групп. Химический сдвиг, шкала «дельта» (δ), тетраметилсилан как эталонное вещество. Спин-спиновое взаимодействие ядер в молекуле, расщепление (мультиплетность) резонансного сигнала в спектре. Классификация спектров ЯМР- ^1H . Интерпретация спектров.

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса на ядрах ^{13}C . Понятие о спектроскопии ядерного магнитного резонанса на ядрах других элементов (P, N, F, и др.). Соединения переходных металлов как сдвигающие реагенты. Хиральные сдвигающие реагенты, представление о хиральной ЯМР спектрометрии. Растворители и пробоподготовка в ИК-спектроскопии.

Масс-спектрометрия, природа спектра. Молекулярный ион, осколочные ионы. Основные направления фрагментации молекулы. Определение молекулярной массы и молекулярной формулы. Хромато-масс спектрометрия, ее сочетание с другими физическими методами исследования для идентификации лекарственных средств и примесей.

Представление о рентгеноструктурном анализе в определении строения малых молекул и биополимеров.

Хироптические методы исследования в установлении строения и идентификации биологически активных веществ и их прекурсоров.

Симулирование спектров биологически активных веществ и их прекурсоров *in silico* (программный пакет Chem Office и др.).

1.5. Классификация реакций органических соединений. Нуклеофилы и электрофилы. Кислотные и основные свойства органических соединений.

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. Гомо- и гетеролитическое расщепление (гомо- и гетерогенетическое образование) связи. Строение и устойчивость промежуточных продуктов реакции (радикалы, карбокатионы, карбанионы). Классификация реагентов: радикальные и полярные (электрофильные, нуклеофильные).

Типы реакций по конечному результату (изменению в структуре субстрата): 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.

Роль растворителей в протекании реакций. Классификация растворителей по полярности/неполярности; протонности/апротонности; отношению к воде.

Основные концепции, объясняющие кислотно-основные взаимоотношения. Кислоты и основания по Бренстеду-Лоури. Константы кислотности и основности, константа кислотности сопряженной основанию кислоты. Направление протолитической реакции. Кислотный и основной реакционные центры молекулы.

Кислоты и основания по Льюису, связь с понятиями нуклеофильности/электрофильности. Электрофильный и нуклеофильный реакционные центры молекулы. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Принцип жестких и мягких кислот и оснований (принцип ЖМКО).

Органические ОН, SH, NH и СН 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).

1.6. Основы молекулярного дизайна и моделирования *in silico* органических соединений

Конструирование и анализ *in silico* структур потенциальных соединений-лидеров как элемент рационального драг-дизайна. Визуализация строения органических соединений на плоскости и в виде 3D-моделей. Типы химических формул. Программные пакеты визуализации строения молекул на плоскости и с помощью 3D-моделей (Chem Office и др.).

Взаимное влияние атомов в молекуле как основа снижения или повышения биологической активности и/или биодоступности. Роль слабых взаимодействий в формировании аффинности биогенных агонистов и экзогенных агентов (лекарственные средства и токсиканты) с биологическими

макромолекулами (протеины, нуклеотиды и другие мишени). Влияние функциональных групп на реакционную способность и физико-химические свойства (гидрофильность/гидрофобность; липофильность/липофобность), связь с биологической активностью и биодоступностью.

Особенности построения моделей на плоскости с учетом необходимости корректного отражения конфигурации; взаимная трансформация плоскостных и трехмерных моделей. Исследование энергии связывания смоделированного лиганда с протеином с помощью ресурса молекулярного докинга. Дизайн структуры с помощью программного пакета Chem Office. Конвертация моделей из графического формата (Chem Draw, *.cdx) в молекулярно-дескрипторный формат (MDL Molfile, *.mol; Protein Data bank, *.pdb, *.pdbqt др.). Выбор макромолекулы-мишени на ресурсе Protein data bank (или аналогичном ресурсе). Работа на ресурсе для проведения компьютерного прогнозирования фармакологических свойств и молекулярного докинга. Анализ результатов компьютерного прогнозирования и докинга. Проведение SAR-анализа структура/активность).

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

2.1. Углеводороды

Алканы, алкильные фрагменты в молекуле. Номенклатура. Физические свойства. Реакции радикального замещения на примерах галогенирования. Механизм S_R . Региоселективность галогенирования. Окисление алканов.

Циклоалканы. Классификация. Номенклатура. Особенности строения и химических свойств малых циклов. Понятие о полициклических системах.

Алкены. Номенклатура. Физические свойства. Реакции электрофильного присоединения, механизм A_E . Присоединение O-, S- и N-нуклеофилов; роль кислотного катализа. Региоселективность электрофильного присоединения. Правило *Марковникова*, его современная интерпретация. Реакции радикального присоединения, пероксидный эффект *Хараша*. Окисление алкенов (гидроксилирование, жесткое окисление, озонирование, эпоксилирование). Реакции по α -углеродному атому (аллильное замещение и окисление). Гидрогенирование (восстановление) алкенов. Реакции сочетания (*Хека и Стилле*).

Алкадиены. Номенклатура. Классификация. Реакции электрофильного присоединения. 1,2- и 1,4- Присоединение у сопряженных диенов. Реакции циклоприсоединения (диеновый синтез).

Алкины. Номенклатура. Физические свойства. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения (гидрогалогенирование, галогенирование, взаимодействие с O-, S- и N-нуклеофилами). Реакции винилирования. Реакции сочетания (*Соногашира*). Реакции окисления и восстановления. Образование ацетиленидов металлов.

Олиго- и полимеризация ненасыщенных углеводородов и их замещенных производных. Природные и синтетические полимеры на основе ненасыщенных

органических соединений. Полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, поливиниловый спирт, тефлон, каучуки.

Арены. Классификация. Номенклатура. Моноядерные арены. Физические свойства. Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце, механизм S_EAr . Галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование, гидроксиалкилирование, карбонилирование и карбоксилирование. Влияние заместителей на скорость и ориентацию замещения. *Орто*-пара и *мета*-ориентанты, активирующие и дезактивирующие заместители. Согласованная и несогласованная ориентация. Реакции, протекающие с потерей ароматичности в конечном продукте (парциальное и полное восстановление, окисление). Реакции боковой цепи у гомологов бензола (галогенирование, окисление).

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).

Идентификация углеводородов. Спектральные характеристики.

Вазелиновое масло, парафин. Циклопропан, циклопентан, циклогексан. Бута-1,3-диен, изопрен. Бензол, толуол, ксилолы, стирол, кумол, цимол. Нафталин, антрацен, фенантрен, тетрацен, 3,4-бензопирен. Углеродный скелет тетрацена как структурная основа антибиотиков тетрациклинового ряда.

Понятие о небензоидных карбоциклических ароматических соединениях.

Наличие углеводородного скелета и углеводородных заместителей как фактора повышения липофильности органического соединения, связь с биологической (фармакологической) активностью и доступностью.

2.2. Галогенопроизводные углеводородов

Влияние атома галогена на распределение электронной плотности в органических соединениях. Способность атомов галогенов к образованию внутри- и межмолекулярных слабых взаимодействий (галогеновая связь). Гидрофильность/гидрофобность и липофильность/липофобность органических соединений, содержащих атомы галогенов, влияние на биологическую (фармакологическую) активность и доступность. Биоизостерность фтора и гидроксильной группы.

Классификация, номенклатура и физические свойства галогенопроизводных, общие закономерности их реакционной способности.

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 . Взаимодействие галогенопроизводных с O-, S-, C- и N-нуклеофилами. Синтез на основе галогенопроизводных углеводородов спиртов, простых и сложных эфиров, тиолов, сульфидов, сульфониеских солей, аминов, нитропроизводных, нитрилов. Реакции отщепления (элиминирования): дегидрогалогенирование. Механизмы моно- и бимолекулярного элиминирования E1 и E2. Правило

Зайцева. Конкуренция реакций нуклеофильного замещения и элиминирования. Реакции галогеноалканов с металлами. Металлоорганические соединения.

Магний (реактивы *Гриньяра*) и литийорганические соединения в органическом синтезе.

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

Строение гидроксильной группы. Влияние гидроксильной группы на распределение электронной плотности в органических соединениях. Способность гидроксильной группы к образованию внутри- и межмолекулярных водородных связей. Гидрофильность/гидрофобность и липофильность/липофобность органических соединений, содержащих гидроксильную группу, влияние на биологическую (фармакологическую) активность и доступность.

Спирты. Классификация. Номенклатура. Физические свойства. Кислотные свойства, образование алкоколятов. Основные свойства, образование оксониевых солей. Внутри- и межмолекулярные водородные связи. Нуклеофильные свойства спиртов; образование простых и сложных эфиров, сложные эфиры неорганических кислот (сульфаты, фосфаты, ди- и трифосфаты). Реакции нуклеофильного замещения гидроксильной группы, методы активации гидроксильной группы (кислотный катализ, образования сложных эфиров с неорганическими и органическими кислотами). Реакции нуклеофильного замещения неактивированных спиртов с галогеноводородами, галогенидами фосфора, тионилхлоридом; активированных спиртов (сульфонатов) с O-, S-, C- и N-нуклеофилами.

Реакции элиминирования, внутри- и межмолекулярная дегидратация спиртов. Окисление спиртов в лабораторном синтезе и *in vivo*.

Многоатомные спирты. Кислотные свойства. Образование хелатных комплексов vicинальными диолами.

Фенолы. Классификация. Номенклатура. Физические свойства. Кислотные свойства, образование фенолятов. Нуклеофильные свойства: фенолы и феноксиды как нуклеофилы (реакции замещения и присоединения – образование простых и сложных эфиров, присоединение по кратной связи). Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование, карбоксилирование, формилирование, гидроксиметилирование, алкилирование, ацилирование. Окисление фенолов. Фенольные антиоксиданты. Восстановление фенолов.

Фенольные соединения растений и животных, их применение в медицине и фармации.

Простые эфиры. Номенклатура. Физические свойства. Основные свойства, образование оксониевых солей. Нуклеофильное расщепление галогеноводородами. Окисление. Представление об органических гидропероксидах и пероксидах. Способы проверки растворителей-простых эфиров на наличие пероксидов. Понятие о краун-эфирах.

Оксираны (1,2-эпоксиды), особенности реакционной способности, раскрытие цикла с образованием вицинальных диолов и гетерофункциональных спиртов.

Метанол, этанол, пропанола, бутанола, бензиловый спирт. Этиленгликоль, глицерин. Фенол, 2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота); 1- и 2- нафтолы, катехол (пирокатехин), резорцинол, гидрохинон, флороглюцинол, пирогаллол. Диэтиловый эфир, анизол, фенетол. Диоксан, тетрагидрофуран. Полиэтиленгликоль.

Тиолы. Номенклатура. Физические свойства. Кислотные свойства, образование тиолятов и солей с катионами тяжелых металлов. Нуклеофильные свойства: образование сульфидов и серных аналогов сложных эфиров. Окисление в дисульфиды и сульфоновые кислоты. Восстановление в углеводороды.

Сульфиды. Номенклатура. Физические свойства. Нуклеофильные свойства, образование сульфониевых солей. Окисление в сульфоксиды и сульфоны. Диметилсульфоксид, его использование в качестве растворителя и лекарственного средства. *Оменразол* как пример вещества с стереогенным атомом серы.

Идентификация спиртов, фенолов, простых эфиров и их тиоаналогов. Спектральные характеристики.

2.4. Амины. Азо-, diaзосоединения

Строение аминогруппы. Влияние амино-группы на распределение электронной плотности в органических соединений. Способность аминогруппы к образованию внутри- и межмолекулярных водородных связей. Гидрофильность/гидрофобность и липофильность/липофобность органических соединений, содержащих амино-группу, влияние на биологическую (фармакологическую) активность и доступность.

Классификация, номенклатура и физические свойства аминов, общие закономерности их реакционной способности.

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. Нитрозомочевина, ее производные как лекарственные средства.

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), их индикаторные свойства.

Алифатические азосоединения. Диазометан, его алкилирующие свойства.

2.5. Альдегиды и кетоны

Строение карбонильной группы в оксо-соединениях. Влияние оксо-группы на распределение электронной плотности в органических соединениях. Способность оксо-группы к образованию внутри- и межмолекулярных водородных связей. Гидрофильность/гидрофобность и липофильность/липофобность органических соединений, содержащих оксо-группу, влияние на биологическую (фармакологическую) активность и доступность.

Классификация, номенклатура и физические свойства оксо-соединений, общие закономерности их реакционной способности.

Реакции нуклеофильного присоединения. Их обратимость и механизмы. Кислотный катализ нуклеофильного присоединения. Взаимодействие оксо-соединений с O-, S-, C- и N-нуклеофилами.

Присоединение воды (образование и (не)стабильность гидратированных форм альдегидов и кетонов). Присоединение спиртов и тиолов (образование полуацеталей и ацеталей; тиоацеталей). Применение ацеталей и тиоацеталей для защиты, деоксигенации и инверсии полярности (амполунг-реагенты) карбонильной группы. Образование аминалей (синтез уротропина).

Взаимодействие с C-нуклеофилами (гидроцианирование и цианосилилирование, взаимодействие с металлоорганическими соединениями и ацетиламидами, олефинирование по Виттигу). Взаимодействие с галоген-нуклеофилами (галогенидами фосфора и серы и др.).

Реакции присоединения-отщепления: взаимодействие с нуклеофилами азота (первичными и вторичными аминами, гидросиламином, гидразином и их производными): механизм, влияние природы реагентов на образование продуктов. Образование иминов, енаминов, оксимов, гидразонов, семикарбазонов, тиосемикарбазонов и их применение в синтезе и медицине.

Реакции по СН-кислотном центре α -углеродного атома оксо-соединений. Енолизация, строение енолят-иона, кето-енольная таутомерия. Реакции замещения в α -положении к оксогруппе (алкилирование, α -галогенирование, галоформные реакции; йодоформный тест, аминоалкилирование). Альдольное

присоединение, реакция *Манниха*, альдольно-кетоновая конденсация, ретроальдольная реакция; примеры в лаборатории и в метаболизме.

Окисление и восстановление альдегидной и кетонной групп: реактивы и область применения. Окисление оксосоединений соединениями металлов и пероксидными соединениями. Восстановление оксосоединений гидридами водорода и комплексными гидридами металлов. Перегруппировка *Байера-Виллигера*. Методы деоксигенации альдегидов и кетонов (реакции *Кижнера-Вольфа* и *Клемменсена*, восстановление тиоацеталей). Реакция переноса гидрида *in vitro* и *in vivo*. Восстановление по *Канницаро* и *Меервейну-Верлею-Понндорфу*, взаимодействие с тр.-бутилмагнийхлоридом: применение, механизмы и факторы, стабилизирующие переходное состояние. Ферментативное восстановление NADH: механизм и биологическая роль.

Полимеризация с оксосоединениями.

Азааналоги оксосоединений (имины, енамины, оксимы, гидразоны и семикарбазоны); их применение в химическом анализе и для приготовления удобных лекарственных форм. Реакционная способность аза-аналогов оксосоединений с O-, S-, C- и N-нуклеофилами. Реакции присоединения: гидролиз, гидрирование, гидроцианирование, взаимодействие с металлоорганическими соединениями. Реакции α -замещения: галогенирование, C-алкилирование и ацилирование; Реакция *Сторка*. Другие специфические реакции. Восстановление по *Кижнеру-Вольфу*: механизм и применение для преобразования карбонильных функциональных групп в метиленовую группу. Перегруппировка *Бекмана* и деградация оксимов: механизм и применение в синтезе лекарств. Синтез капролактамов и их полимеров.

Формальдегид (формалин), 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

Строение функциональных групп в карбоновых кислотах и их функциональных производных. Влияние на распределение электронной плотности в органических соединениях. Образование внутри- и межмолекулярных водородных связей. Гидрофильность/гидрофобность и липофильность/липофобность органических соединений, содержащих данные группы, влияние на биологическую (фармакологическую) активность и доступность.

Строение. Классификация и номенклатура. Физические и физико-химические свойства. Типичная реакционная способность: реакции нуклеофильного замещения по карбонильной группе и реакции замещения α -атома водорода. Реакции нуклеофильного замещения у sp^2 -гибридного атома углерода; механизм присоединения-отщепления через тетраэдрический интермедиат. Реакции O-, C- и N-ацилирования в синтезе и *in vivo*.

Превращение гидроксид- и аминокислотных фармацевтических субстанций в более биодоступные пролекарства. Сравнительная характеристика ацилирующей реакционной способности. Возникновение и биологическая роль в природе. Галогенирование алифатических карбоновых кислот по *Гелю-Фольгарду-Зелинскому*; использование α -галогензамещенных кислот для синтеза α -гидрокси-, α -амино- и α -, β -ненасыщенных кислот.

Специфические реакции карбоновых кислот и их солей. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-иона. Кислотность карбоновых кислот: влияние заместителей на pK_a , общий и специфический кислотный катализ. Синтез и применение солей. Пиролиз, реакции *Кольбе* и *Хундликера-Бородин*. Образование ангидридов из моно- и дикарбоновых кислот. декарбоксилирование. Поликонденсация дикарбоновых кислот с диаминами как способ получения полиамидов. Нейлон. Полимеризация ϵ -капролактама. Поликонденсация дикарбоновых кислот с гликолями. Муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, изовалериановая, акриловая, метакриловая, бензойная и коричневая кислоты, щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, адипиновая, малеиновая, фумаровая, фталевая кислоты.

Специфические реакции сложных эфиров и тиоэфиров. Конденсации *Клайзена* и *Дикмана*: механизм, применение в синтезе и биологическая роль *in vivo*. Примеры использования в органическом синтезе. Тиоэфиры в синтезе и *in vivo*. Малоновый эфир, CN -кислотность. Синтез малонового эфира производных замещенных карбоновых кислот.

Специфические реакции амидов. Основные и кислотные свойства. Дегидратация до нитрилов, нитрозирование. Перегруппировка (распад *Гофмана*) амидов в синтезе первичного амина и в качественном анализе. Дегидратация до нитрилов. Этанамид, бензамид. Имиды, их алкилирование, гидролиз. N -бромсукцинимид (NBS) и его применение в синтезе.

Гидролиз и восстановление нитрилов. Присоединение нуклеофилов (карбокатионы и гидропероксидный анион). Этаннитрил, бензонитрил.

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

Гидразиды кислот и гидроксамовые кислоты, их применение в химическом анализе и фармации.

Идентификация карбоновых кислот и их функциональных производных. спектральные характеристики.

Полисилоксаны. Структура силоксановой связи, свойства полисилоксанов (термостойкость, 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. Использование

фосгена, хлорформиатов, карбонатов и карбаматов в органическом синтезе, в том числе для защиты функциональных групп. Гуанидин, его основные свойства. Производные мочевины и гуанидина как биогенные вещества и лекарственные средства.

Сульфоновые кислоты. Классификация. Номенклатура. Кислотные свойства, образование солей. Десульфирование ароматических сульфокислот. Нуклеофильное замещение в аренсульфокислотах (реакция щелочного плавления). Функциональные производные сульфокислот: эфиры, амиды, хлорангидриды. Активация спиртовой группы а реакциях нуклеофильного замещения и элиминирования через образование сульфонатов, Роль сульфамидной группы в структуре лекарственных средств.

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, фенилсалицилат, ацетилсалициловая кислота). Пара-аминосалициловая кислота (ПАСК). Кумаровая, галловая кислоты. Представление о дубильных веществах.

Дикарбонильные соединения. Классификация. Номенклатура. Химические свойства как гетерофункциональных соединений. Специфические свойства. Кето-енольная таутомерия β -дикарбонильных соединений: стабилизация енольной формы; С-Н и О-Н кислотность. Взаимодействие β -дикарбонильных соединений с нуклеофилами и основаниями. Селективность реакции по двум карбонильным группам. Образование енолят-анионов в условиях термодинамического и кинетического контроля. Конкурентные реакции β -дикарбонильных соединений с участием оксо- и енольных форм. Реакции енольной и енолятной форм: С-алкилирование, альдольная (*Кнёвенагеля*) конденсация. Синтез карбоновых кислот и кетонов на основе ацетоуксусного эфира. Глиоксиловая, пировиноградная, ацетоуксусная, щавелевоуксусная, α -кетоглутаровая кислоты. Кетонные тела.

3.2. Аминокислоты. Пептиды и белки. Аминоспирты и аминифенолы

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

Протеиногенные α -аминокислоты. Строение и классификация. Стереои́зомерия. Физические свойства. Амфотерность, изоэлектрическая точка.

Образование хелатных соединений. Идентификация α -аминокислот.

Пептиды и белки. Амидная природа пептидной связи. Протеиногенные аминокислоты: классификация, химические свойства, биологически важные реакции (карбоксилирование и декарбоксилирование; гидрокселирование, трансаминирование, окислительное и неокислительное дезаминирование). Первичная структура пептидов и белков. Частичный и полный гидролиз. Амфотерность пептидов и белков. Идентификация пептидов и белков. Представление о синтезе олигопептидов.

Пептидная природа некоторых биологически активных веществ: гормонов (глутатион, окситоцин, вазопрессин, инсулин) и лекарственных веществ (эналаприл, пептидные антибиотики).

γ -Аминомасляная кислота. Пирацетам.

пара-Аминобензойная кислота. Бензокаин, прокаин, прокаинамид. Орто-аминобензойная (антраниловая) кислота.

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

Пара-аминофенол, его производные, применяемые в медицине (парацетамол). Катехоламины. Адреналин, норадреналин.

Биогенные амины; 2-аминоэтанол (коламин), холин, ацетилхолин, триптамин, серотонин, ГАМК, тирамин, ДОФА.

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

4.1. Основы методологии и методики современного органического синтеза.

Методология органического синтеза биологически активных и лекарственных веществ. Планирование синтеза, ретросинтетический анализ. Стратегии синтеза: линейный и конвергентный синтез. Условия реакции, их обеспечение. Представление о современном органическом синтезе. Сравнительный анализ промышленного и лабораторного синтеза. Примеры синтеза лекарственных средств и их прекурсоров. Селективность химических реакций. Примеры регио- и стереоселективных процессов в лаборатории (промышленности) и в организме. Общие подходы к стереоселективному синтезу органических соединений. Методология органического синтеза. Линейный и конвергентный синтез. Представление о ретросинтетическом анализе, как основе планирования синтеза лекарственных средств. Дизайн и планирование органического синтеза. Методы построения углеводородного скелета. Методы функционализации и перефункционализации. Способы введения кратных связей, функциональных групп галогенопроизводных углеводородов, спиртов, фенолов, аминов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот, сложных эфиров, амидов. Защита функциональных групп в органическом синтезе и синтезе биологически важных соединений.

Приборы для синтеза и очистки веществ. Выделение из смесей, очистка вещества фильтрованием, экстракцией, перегонкой, перекристаллизацией, возгонкой. Физико-химические основы методов. Методика работы.

Оборудование.

Определение температуры кипения, температуры плавления, показателя преломления. 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. Справочная литература.

Представление об измерении и использовании для идентификации веществ хроматографических характеристик.

4.2. Низкомолекулярные биорегуляторы природного и синтетического происхождения

Классификация природных и синтетических низкомолекулярных биорегуляторов (НМБР). Характеристики, предъявляемые к синтетическим НМБР, обеспечивающие их биологическую активность и биодоступность. Понятие о пролекрстве.

Основные классы природных НМБР: изопреноиды (терпены и терпеноиды, стероиды), иридоиды, флаваноиды, витамины, эйказаноиды. Роль гликозидов в биохимии растений.

Представление о химической классификации синтетических НМБР, которые используются в качестве фармсубстанций лекарственных средств.

4.3. Полимеры в медицине и фармации.

Особенности строения и физико-химических свойств природных и синтетических полимеров. Реакции полимеризации, представление о механизмах полимеризации. Стереорегулярное строение полимеров. Представление об использовании полимерных материалов в качестве фармсубстанций и добавочных материалов в фармации.

5. Омыляемые липиды и изопреноиды

5.1. Омыляемые 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. Спиртовый 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, фосфатидилсерины. Дифильное строение.

Представление о строении и свойствах липидов на основе сфингозина.

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

Представление о классификации, свойствах и применении поверхностно активных веществ (сурфактантов).

Арахидоновая кислота и продукты ее метаболизма. Представление о классификации и биологической роли эйкозаноидов. Простагландины, Простоглицины. Тромбоксаны. Лейкотриены.

5.2. Терпены и терпеноиды

Изопреноиды. Классификация, принцип строения. Изопреновое правило. Физические свойства.

Терпены и терпеноиды. Классификация, номенклатура. Строение и типичная реакционная способность. Родоначальные монотерпеновые углеводороды (2,6-диметилоктан, 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. Представление об изопреноидах и их биологической роли.

5.3. Стероиды

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 на основе гонана: эстран, андростан и норандростан, прегнан, холан, холестеран, кордан, спирантан. Группы стероидов: стеринны, желчные кислоты, кортикостероиды, эстрогенные, андрогенные и анаболические стероиды, агликоны (генины) сердечных гликозидов.

Стеринны (холестерин, эргостерин). Изомеризация эргостерина в витамин D₂, холестерина – в витамин D₃.

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

Кортикостероиды (гидрокортизон, дезоксикортикостерон, преднизолон).

Андрогенные и анаболические стероиды (тестостерон, андростерон, нандролон).

Эстрогенные гормоны (эстрадиол, эстрон, эстриол).

Агликоны (генины) сердечных гликозидов, карденолиды (дигитоксигенин, строфантин) и буфадиинолиды. Общий принцип строения сердечных гликозидов. Гидролиз. Представление о строении спирантанов и сапонинов.

6. Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты

6.1. 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, триазол, 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 пиразолона-3 (метамизол натрия, фенилбутазон).

Производные имидазола: гистидин, гистамин, бензимидазол.

Тиазолидин.

6.2. Шестичленные гетероциклические соединения

Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Ароматические представители: пиридин, хинолин, изохинолин. Основные свойства. 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 NAD⁺ (никотинамидадениндинуклеотид).

Алкилзамещенные пиридины: 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, использование их производных в медицине.

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

Хинолин и изохинолин. Основные и нуклеофильные свойства. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения.

Гидроксихинолины, хинолоны, их производные: применение 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, флавонол, их гидроксипроизводные (катехины, флавоноиды). Лютеолин, кверцетин, рутин. Токоферолы (витамины группы Е).

Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Ароматические

представители диазинов: пиримидин, пиразин, пиридазин. Пиримидин, его гидроксид- и аминопроизводные: урацил, тимин, цитозин, таутомерия. 5-Фторурацил. Барбитуровая кислота: лактим-лактаминная 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 веществ бензодиазепинового ряда.

6.3. Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды

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

Птеридин и изоаллоксазин. Тетрагидробиоптерин, его роль в биологических процессах. Фолиевая кислота. Представление об антимагнетоболитах фолиевой кислоты. Рибофлавин.

Алкалоиды. Химическая классификация. Основные свойства, образование солей. Реакции с общеалкалоидными осадительными реактивами. Алкалоиды группы пиридина: никотин, анабазин. Алкалоиды группы хинолина: хинин. Галейохинная проба. Алкалоиды групп бензилизохинолина и фенантренизохинолина: папаверин, морфин, кодеин. Синтетические аналоги морфина на основе пиперидина. Алкалоиды группы тропана: атропин, кокаин. Протоалкалоиды и псевдоалкалоиды. Полиаминовые, пептидные и циклопептидные алкалоиды. Антибиотические, противовирусные и противоопухолевые алкалоиды.

6.4. 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. 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.

7. Углеводы

7.1 Моносахариды

Классификация (альдозы и кетозы, пентозы и гексозы); дезокси- и

аминосахара. Номенклатура. Стереоизомерия; D- и L- стереохимические ряды, эписмеры. 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. Представление о строении растительных гликозидов и их использовании в фармации. Роль глюкоронидирования в процессах экскреции (детоксикации) ксенобиотиков и продуктов их метаболизма в организме человека. Изомеризация в щелочной среде (реакция эписмеризации). Окисление моносахаридов. Гликоновые, гликарвые и гликуроновые кислоты. Восстановление моносахаридов в полиолы (альдиты). Биологическая роль моносахаридов и их производных, использование в медицине.

Пентозы: арабиноза, ксилоза, рибоза. Гексозы: глюкоза, галактоза, манноза, фруктоза, 2-Дезокси-D-рибоза, 2-дезоксиманноза (рамноза), 2-дезоксигалактоза (фукоза). Глюкозамин, галактозамин. Сорбит, ксилит, маннит. Гликуроновая, галактуроновая, глюконовая кислоты. Аскорбиновая кислота.

7.2. 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, лактулоза, сахароза, трегалоза, рутиноза.

Классификация полисахаридов. Строение 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.

Представление о строении гетерополисахаридов (гиалуроновая кислота, хондроитинсульфат, геперин, пектиновые вещества, альгиновые кислоты)

Понятие о строении аминокликозидных антибиотиков и гликопептидов.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» ХИМИЧЕСКОГО
МОДУЛЯ (ОЧНАЯ ДНЕВНАЯ ФОРМА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)**

Номер раздела, темы	Название раздела, тема	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа студента	Форма контроля знаний
		лекций	УСР	лабораторных		
	3 семестр					
1.	Основы строения органических соединений. Спектральные методы установления строения	8	2,5	45	50	
1.1.	Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	-		5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, визуальные лабораторные работы, отчет по визуальной лабораторной работе
1.2.	Электронное строение молекул. Взаимное влияние атомов в молекуле	-		5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, визуальные лабораторные работы, отчет по визуальной лабораторной работе
1.3.	Пространственное строение молекул. Стереизомерия	2	1	5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, визуальные лабораторные работы, отчет по визуальной лабораторной работе

1.4.	Спектральные методы установления строения и идентификации органических соединений	2	1	-	5	Электронные тесты
	Методы разделения и идентификации органических соединений	-		5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, визуальные лабораторные работы, отчет по визуальной лабораторной работе
	Спектральные методы. УФ и ИК спектроскопия			5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, визуальные лабораторные работы, отчет по визуальной лабораторной работе
	ЯМР-спектроскопия					
1.5.	Классификация реакций органических соединений.					
1.6.	Нуклеофилы и электрофилы. Кислотные и основные свойства органических соединений					
	Реакционная способность органических соединений.	2	0,5	5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе
	Разделение и очистка веществ с помощью экстракции. Выделение биологически активных веществ из растительного сырья с помощью экстракции	-		5	5	Электронные тесты, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Основы молекулярного дизайна и моделирования <i>in silico</i> органических соединений	-		5	10	Собеседование, электронные тесты, визуальные лабораторные работы, электронный отчет по визуальной лабораторной работе
	Итоговое занятие «Основы строения органических соединений. Спектральные методы установления строения»	-		5		Коллоквиум, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям

	14	5,5	60	60	
<p>2. Важнейшие классы моно- и полифункциональных органических соединений: особенности строения и номенклатуры, реакционная способность, идентификация</p> <p>Углеводороды</p>	2	0,5	-	3	
Строение и свойства углеводородов и углеводородных фрагментов в органических соединениях	2	0,5		2	
Строение и свойства углеводородов и углеводородных фрагментов в органических соединениях II	-		5	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
Неароматические углеводороды I			5	2	
Неароматические углеводороды II	-		5	5	
Ароматические углеводороды			5		
Итоговое занятие «Углеводороды»			5		Коллоквиум, электронные тесты, контрольная работа, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.2.	2	0,5	5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
Галогенопроизводные углеводородов			5		
Галогенпроизводные. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования	2	0,5	5	5	
2.3.	2	0,5		5	Электронные тесты
Спирты, фенолы, тиолы, простые эфиры, сульфиды			5		
Гидроксиды и тиопроизводные органических соединений	2	0,5		5	Собеседование, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
Гидроксиды и тиопроизводные. Простые эфиры и сульфиды			5	5	Собеседование, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
Итоговое занятие «Строение, реакционная способность и			5	5	контрольная работа, отчет по

	идентификация галоген, гидроксид-, тиопроизводных, простых эфиров и сульфидов»						лабораторной работе с устной защитой
2.4.	Аминопроизводные органических соединений. Азо- и диазосоединения	2	1	5	5		Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.5.	Альдегиды и кетоны	2	1		5		Электронные тесты
	Оксо-соединения I	2	1				
	Оксо-соединения II			5	5		Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Оксо-соединения. Альдегиды и кетоны						
	Итоговое занятие «Строение, реакционная способность и идентификация amino-, азо, диазо- и оксосоединений»				5		Собеседование, электронные тесты, зачет
	4 семестр						
2.6.	Карбоновые кислоты, функциональные производные			5	5		Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.7.	карбоновых кислот						
	Функциональные производные угольной кислоты. Сульфокислоты и их функциональные производные			5	5		Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Карбоновые, угольная и сульфокислоты и их функциональные производные	2	0,5	-	5		Электронные тесты
3.	Гетерофункциональные органические соединения. Пептиды и белки	2	0,5	15	15		

3.1.	Гидроксн -, фенол - и оксокарбоновые кислоты	-		5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Гетерофункциональные органические соединения	2	0,5	-	5	Электронные тесты
	Протеиногенные аминокислоты. Пептиды, белки. Биогенные амины			5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
3.2.	Итоговое занятие «Карбоновые, угольная и сульфокислоты, их функциональные производные. Гетерофункциональные органические соединения»	-	-	5		Коллоквиум, электронные тесты, контрольная работа, отчет по лабораторной работе с устной защитой
4.	Синтез. Методы выделения и очистки. Физические константы вещества как критерии чистоты и идентификации			15	20	
4.1	Основы методологии и методики современного органического синтеза		-	15	20	электронные тесты, отчет по лабораторной работе с устной защитой,
	Органический синтез I			5	5	
	Органический синтез II			5	5	
	Органический синтез III			5	10	
5.	Липиды	2	0,5	10	10	
5.1.	Классификация липидов. Омываемые липиды.			5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
5.2.	Изопреноиды. Терпены и терпеноиды					
5.3.	Стероиды	2	0,5	5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой

6.	Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты	-	-	15	20	
6.1.	Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений			5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
6.2.	Пятичленные гетероциклические соединения					
6.3.						
6.4.						
	Шестичленные гетероциклические соединения			5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды. Гетероциклические соединения с двумя и более гетероатомами.			5	10	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Нуклеозиды, нуклеотиды. Понятие о нуклеиновых кислотах					
7.	Углеводы	2	0,5	10	10	
7.1.	Моносахариды	-		5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Углеводы	2	0,5			
7.2.	Олигосахариды и полисахариды			5	5	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
4	Синтез. Методы выделения и очистки	2	0,5	15	18	
4.2	Низкомолекулярные биорегуляторы	2	0,5	-	8	электронные тесты

	Итоговое занятие «Биологически активные вещества и биополимеры»	-	-	5	-	Коллоквиум, электронные тесты, контрольная работа, отчет по лабораторной работе с устной защитой
4.3	Полимеры в медицине и фармации			5	10	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
	Итоговое занятие «Строение, свойства, синтез и идентификация органических веществ»			5	-	Коллоквиум, электронные тесты, контрольная работа, отчет по лабораторной работе с устной защитой, экзамен

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» ХИМИЧЕСКОГО
МОДУЛЯ (ЗАОЧНАЯ ФОРМА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ)**

Номер раздела, темы	Название раздела, тема	Количество аудиторных часов		Форма контроля знаний
		лекций	лабораторных	
2 семестр				
1.	Основы строения органических соединений.	4	9	
	Спектральные методы установления строения			
1.1.	Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по визуальной лабораторной работе
1.3.	Пространственное строение молекул. Стереизомерия	2		Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по визуальной лабораторной работе
1.5.	Классификация реакций органических соединений. Нуклеофилы и электрофилы. Кислотные и основные свойства органических соединений	2		
3 семестр				
1.4.	Спектральные методы установления строения и идентификации органических соединений	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по визуальной лабораторной работе
1.5.	Классификация реакций органических соединений. Нуклеофилы и электрофилы. Кислотные и основные свойства органических соединений	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе

2.	Важнейшие классы моно- и полифункциональных органических соединений: особенности строения и номенклатуры, реакционная способность, идентификация	6	12	
2.1.	Углеводороды	2	-	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.2.	Галогенопроизводные углеводородов	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.4.	Аминопроизводные органических соединений. Азо- и диазосоединения	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.5.	Альдегиды и кетоны. Оксосоединения.	2	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.6.	Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот		3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
4 семестр				
2.6.	Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот	2		
3.	Гетерофункциональные органические соединения. Пептиды и белки	-	3	
3.2.	Аминокислоты. Аминоспирты и аминокислоты	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
4.	Синтез. Методы выделения и очистки. Физические константы вещества как критерии чистоты и идентификации	-	3	
4.1	Основы методологии и методики современного органического синтеза	-	3	Допуск к работе; отчет по лабораторной работе с устной защитой, электронные тесты

5.	Липиды	-	3	
5.1.	Классификация липидов. Омыляемые липиды.	-	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
5.2.	Изопреноиды. Терпены и терпеноиды.	-	3	
5.3.	Стероиды	-	3	
6.	Гетероциклические соединения. Нуклеозиды, нуклеотиды, нуклеиновые кислоты	-	3	
6.1.	Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений. Пятичленные гетероциклические соединения.		3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой
6.2.	Шестичленные гетероциклические соединения.			
6.3.	Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды. Гетероциклические соединения с двумя и более гетероатомами.			
7.	Углеводы	2	3	
7.1.	Моносахариды	2	3	Собеседование, электронные тесты, письменные отчеты по аудиторным и домашним упражнениям, отчет по лабораторной работе с устной защитой

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**ЛИТЕРАТУРА****Основная:**

1. Органическая химия : учебник : для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальности «Фармация» по дисциплине «Органическая химия» / Н. А. Тюкавкина [и другие] ; под редакцией Н. А. Тюкавкиной ; Министерство образования и науки Российской Федерации. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 639 с.

2. Биоорганическая химия : учебное пособие / О.Н.Ринейская [и другие.]. – Минск : Новое знание, 2022. – 280 с.

Дополнительная:

3. Биоорганическая химия: руководство к практическим занятиям : учебное пособие / под редакцией Н.А.Тюкавкиной. – Москва : Гэотар-Медиа, 2020. – 165 с.

4. Органическая химия : учебник : для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальности «Фармация» по дисциплине «Органическая химия» / Н. А. Тюкавкина [и другие] ; под редакцией Н. А. Тюкавкиной ; Министерство образования и науки Российской Федерации. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 639 с.

5. Биологическая и биоорганическая химия : в 2 книгах : учебник. Книга 1. Биоорганическая химия / Б.С.Зименковский, В.А.Музыченко, И.В.Ниженковская, О.А.Сыровая; под редакцией Б.С.Зименковского, И.В.Ниженковской. – 2-е изд. – Киев : Всеукраинское специализированное издательство «Медицина», 2018. – 296 с.

6. Задачи с алгоритмами решений по биоорганической химии : учебно-методическое пособие / О.Н.Ринейская [и другие.]. – Минск : БГМУ, 2020. – 115 с.

7. Биоорганическая химия : учебник для вузов / И.В.Романовский [и другие]. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 504 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться обучающимися на:

- конспектирование учебной литературы;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- подготовку к зачету (экзамену) учебной дисциплине;
- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и лабораторные занятия;

выполнение исследовательских и творческих заданий; составление обзора научной литературы по заданной теме;

подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций;
 оформление информационных и демонстрационных материалов (стенды, плакаты, графики, таблицы, газеты и пр.);
 изготовление макетов, лабораторно-учебных пособий;
 составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Основные формы организации управляемой самостоятельной работы:

написание и презентация реферата;
 выступление с докладом;
 изучение тем и проблем, не выносимых на лекции;
 компьютерное тестирование;
 составление тестов студентами для организации взаимоконтроля;
 изготовление дидактических материалов;
 подготовка и участие в активных формах обучения.

Контроль управляемой самостоятельной работы осуществляется в виде:

компьютерного тестирования;
 контрольной работы;
 итогового занятия, коллоквиума в форме устного собеседования, письменной работы, тестирования;
 обсуждения рефератов;
 оценки устного ответа на вопрос, сообщения, доклада;
 проверки рефератов;
 индивидуальной беседы.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

Устная форма:

собеседования;
 коллоквиумы.

Письменная форма:

тесты;
 контрольные работы;
 письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям;

письменные отчеты по лабораторным работам.

Устно-письменная форма:

отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;

отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;
отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
отчет по визуальной лабораторной работе;
зачет;
экзамен.

Техническая форма:

электронные тесты;
визуальные лабораторные работы.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ

- Линейный (традиционный) метод (лекция, практические, лабораторные и семинарские занятия);
- активные (интерактивные) методы:
 - проблемно-ориентированное обучение PBL (Problem-Based Learning);
 - командно-ориентированное обучение TBL (Team-Based Learning);
 - научно-ориентированное обучение RBL (Research-Based Learning).

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ

1. Классификация органических соединений по строению углеродного скелета и по природе функциональных групп.
2. Наименование органических веществ по формулам.
3. Составление структурных формул и названий представителей биологически важных веществ и лекарственных средств, используя химическую номенклатуру.
4. Работа с программным пакетом "Chem office". Дизайн структуры органического соединения для проведения исследования *in silico*.
5. Выделение функциональных групп, определение реакционных центров, сопряженных и ароматических фрагментов в молекулах для прогнозирования химического поведения органических соединений.
6. Определение в структуре биологически значимых молекул гидрофильных и гидрофобных, липофильных и липофобных фрагментов, способности данных молекул распределяться в средах организма человека.
7. Качественная оценка кислотно-основных свойств органических соединений, участвующих в процессах жизнедеятельности, лекарственных средств, а также средств, потенциально опасных для организма человека.
8. Прогнозирование реакционной способности органических соединений на основе электронного и пространственного строения, записывание схем химических реакций.
9. Выполнение запланированного химического эксперимента с последующим анализом и оформлением результатов.
10. Проведение качественных реакций на важнейшие функциональные группы органических соединений.
11. Навыки работы в химической лаборатории: обращения с химической посудой, горелкой, ядовитыми и летучими веществами.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вытяжные шкафы, лабораторная посуда, реактивы, плитки, мешалки, приборы для определения температуры плавления, микроскоп, рефрактометр, спиртовые горелки, весы лабораторные, водяная баня, доска учебная, компьютер, телевизор.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛЕКЦИЙ

3 семестр

1. Пространственное строение молекул. Stereoизомерия
2. Методы разделения и идентификации органических соединений
3. Реакционная способность органических соединений
4. Строение и свойства углеводов и углеводородных фрагментов в органических соединениях I
5. Строение и свойства углеводов и углеводородных фрагментов в органических соединениях II
6. Галогенпроизводные. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования
7. Гидрокси- и тиопроизводные органических соединений
8. Аминопроизводные органических соединений. Азо- и diazosоединения
9. Оксо-соединения I
10. Оксо-соединения II

4 семестр

11. Карбоновые, угольная и сульфокислоты и их функциональные производные
12. Гетерофункциональные органические соединения
13. Углеводы
14. Стероиды
15. Низкомолекулярные биорегуляторы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

I семестр

1. Введение в учебную дисциплину «Органическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений
2. Электронное строение молекул. Взаимное влияние атомов в молекуле
3. Пространственное строение молекул. Stereoизомерия
4. Спектральные методы. УФ и ИК спектроскопия
5. ЯМР-спектроскопия
6. Реакционная способность органических соединений
7. Разделение и очистка веществ с помощью экстракции. Выделение биологически активных веществ из растительного сырья с помощью экстракции
8. Основы молекулярного дизайна и моделирования *in silico* органических

соединений

9. Итоговое занятие «Строение, классификация и номенклатура органических соединений»
10. Неароматические углеводороды I
11. Неароматические углеводороды II
12. Ароматические углеводороды
13. Итоговое занятие «Углеводороды»
14. Галогенпроизводные. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования
15. Гидрокси и тиопроизводные. Простые эфиры и сульфиды
16. Итоговое занятие «Строение, реакционная способность и идентификация галоген-, гидрокси-, тиопроизводных, простых эфиров и сульфидов»
17. Аминопроизводные органических соединений. Азо- и диазосоединения
18. Оксосоединения. Альдегиды и кетоны
19. Итоговое занятие «Строение, реакционная способность и идентификация amino-, азо-, диазо- и оксосоединений»

II семестр

20. Карбоновые кислоты, функциональные производные карбоновых кислот
21. Функциональные производные угольной кислоты. Сульфокислоты и их функциональные производные
22. Гидрокси-, фенол- и оксокарбоновые кислот
23. Протеиногенные аминокислоты. Пептиды, белки. Биогенные амины
24. Итоговое занятие «Карбоновые, угольная и сульфокислоты, их функциональные производные. Гетерофункциональные соединения»
25. Органический синтез I
26. Органический синтез II
27. Органический синтез III
28. Классификация липидов. Омыляемые липиды. Изопреноиды. Терпены и терпеноиды
29. Стероиды
30. Особенности номенклатуры, строения гетероциклических соединений. Пятичленные гетероциклические соединения
31. Шестичленные гетероциклические соединения
32. Конденсированные гетероциклические соединения. Алкалоиды. Гетероциклические соединения с двумя и более гетероатомами. Нуклеозиды и нуклеотиды
33. Моносахариды
34. Олигосахариды и полисахариды
35. Итоговое занятие «Биологически активные вещества и биополимеры»
36. Полимеры в медицине и фармации
37. Итоговое занятие «Строение, свойства, синтез и идентификация органических веществ»

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

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)
1. Общая и неорганическая химия	Кафедра общей химии	Предложений нет	протокол №16 от 23.05.2022
2. Биологическая химия	Кафедра биологической химии	Предложений нет	протокол №16 от 23.05.2022
3. Фармацевтической химии	Кафедра фармацевтической химии	Предложений нет	протокол №16 от 23.05.2022


СОСТАВИТЕЛИ:

Заведующий кафедрой
биоорганической химии
учреждения образования
«Белорусский государственный
медицинский университет»,
кандидат медицинских наук,
доцент



О.Н.Ринейская

Доцент кафедры биоорганической
химии учреждения образования
«Белорусский государственный
медицинский университет»,
кандидат химических наук, доцент



Ф.Ф. Лахвич

Доцент кафедры биоорганической
химии учреждения образования
«Белорусский государственный
медицинский университет»,
кандидат химических наук, доцент

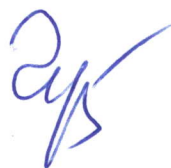


Г.П. Фандо

Оформление учебной программы и сопровождающих документов соответствует установленным требованиям.

Декан фармацевтического
факультета учреждения
образования «Белорусский
государственный
медицинский университет»

30.06 2022



Н.С. Гурина

Методист учреждения
образования
«Белорусский
государственный
медицинский университет»

30.06 2022



С.А.Янкович

Сведения об авторах (составителях) учебной программы

Фамилия, имя, отчество	Ринейская Ольга Николаевна
Должность, ученая степень, ученое звание	Заведующий кафедрой биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент
☎ служебный	279-42-13
Факс:	-
<i>E-mail:</i>	Ryneiskaya@mail.ru
Фамилия, имя, отчество	Лахвич Федор Федорович
Должность, ученая степень, ученое звание	Доцент кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат химических наук, доцент
☎ служебный	279-42-12
Факс:	-
<i>E-mail:</i>	lakhvichtt@gmail.com
Фамилия, имя, отчество	Фандо Галина Павловна
Должность, ученая степень, ученое звание	Доцент кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат химических наук, доцент
☎ служебный	279-42-12
Факс:	-
<i>E-mail:</i>	fandogp@gmail.com