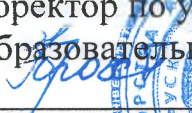
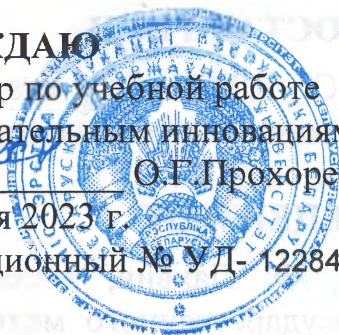


Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко
«30» июня 2023 г.
Регистрационный № УД- 12284 /уч.



ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 02-2021, утвержденного 15.06.2022 и учебных планов БГУ № G-31-1-008/уч., утвержденного 25.05.2021, и № G-31-1-235/уч., утвержденного 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Е.С. БЛИЗНЮК, старший преподаватель кафедры органической химии химического факультета Белорусского государственного университета

РЕЦЕНЗЕНТ:

Ф. Ф. Лахвич, доцент кафедры биоорганической химии Белорусского государственного медицинского университета, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой органической химии химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 18 от 22.06.2023);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 29.06.2023)

Заведующий кафедрой
к.х.н., доцент



Т.А. Шевчук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Природные соединения, также известные как вторичные метаболиты – небольшие органические молекулы, продуцируемые живыми организмами для адаптации и коммуникации, имеют огромное значение для человека. Более 50 % зарегистрированных лекарственных препаратов в качестве активных ингредиентов содержат природные соединения, их полусинтетические модификации либо синтетические аналоги с улучшенными характеристиками. Низкомолекулярные природные биологически активные соединения и их аналоги также активно используются в сельском хозяйстве, пищевой, косметической и парфюмерной промышленности, для мониторинга и регуляции экосистем.

Цели учебной дисциплины «Введение в химию природных соединений»:

1. систематизировать и углубить знания студентов о важнейших группах природных биологически активных соединений, освещаемых в рамках преподавания учебной дисциплины «Фармакогнозия», на основе рассмотрения их биогенетической связи (путей биосинтеза);
2. сформировать представления о многообразии структур природных соединений, о подходах к установлению структуры и к полному синтезу фармакологически активных природных соединений и их аналогов.

Задачи учебной дисциплины:

1. ознакомить студентов с основными методами выделения в индивидуальном состоянии и установления структуры ранее не описанных природных соединений;
2. рассмотреть строение основных представителей наиболее важных классов низкомолекулярных природных соединений, а также кратко охарактеризовать менее распространенные классы, показать связь между строением и биологическими свойствами соединений;
3. продемонстрировать принципиальное сходство и различия в протекании химических процессов в живых организмах и в органическом синтезе;
4. детально описать биосинтетические пути образования представителей наиболее важных классов низкомолекулярных природных соединений, используемые Природой ключевые «строительные блоки», типы и механизмы органических реакций, лежащих в основе функционирования метаболических путей;

5. показать, как знание путей биосинтеза используется в химическом и микробиологическом синтезе природных соединений.

Место учебной дисциплины. В системе подготовки специалиста с высшим образованием учебная дисциплина относится к модулю «Химия природных соединений» компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных **связей** и программ по дисциплинам: «Фармакогнозия», «Анализ лекарственных соединений», «Инструментальные и хроматографические методы анализа», «Биохимия», «Медицинская химия», «Биофармацевтические технологии в синтезе и тестировании лекарственных средств».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Введение в химию природных соединений» должно обеспечить формирование следующей **специализированной** компетенции:

СК-2 Оценивать состав и свойства важнейших групп природных биологически активных соединений, методы их выделения и идентификации, фармакологическое действие и область применения.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- принципы систематизации природных соединений;
- основные пути биосинтеза природных соединений, структуру ключевых интермедиатов путей биосинтеза;
- методы выделения и установления структуры природных соединений;
- иметь представление о полном синтезе природных соединений и путях их использования;

уметь:

- относить соединение к определенному классу природных соединений на основании его структуры и предсказывать его свойства;
- выделять в структуре природного соединения биосинтетические «строительные блоки» и предлагать возможный биосинтетический путь его образования;
- осуществлять простой эксперимент по выделению природных соединений из растительного сырья;
- перечислять в логической последовательности основные этапы установления структуры впервые выделенного природного соединения;

владеть:

- навыками описания химических свойств и механизмов образования

природных соединений на основе теоретических представлений органической химии;

– представлениями о методах выделения и установления структуры природных соединений;

– навыками экспериментальной работы по выделению природных соединений из растительного сырья.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Введение в химию природных соединений» отведено 102 часа, в том числе 52 аудиторных часа, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 6 часов, семинарские занятия – 8 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа. Изучение данной учебной дисциплины осуществляется только в очной форме получения высшего образования.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен (в письменной форме).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основные понятия и методы химии природных соединений

Тема 1.1. Введение.

Химия природных соединений, ее предмет и взаимосвязь с другими химическими и биологическими дисциплинами. Роль природных соединений в современной фармацевтике, других областях человеческой деятельности, экологии. Базы данных природных соединений. Принципы систематизации органических соединений живых организмов: по структурным признакам, биологической роли, источникам-продуцентам, путям биосинтеза. Вещества первичного и вторичного метаболизма. Цели и задачи изучения химии природных соединений будущими специалистами в области биофармахимии. Рассматриваемые в курсе классы соединений и ключевые «строительные блоки» для их биосинтеза.

Тема 1.2. Приемы выделения природных соединений.

Общие принципы выделения из биологического сырья и последующей очистки индивидуальных природных соединений. Традиционные методы (перегонка с водяным паром, экстракция органическими растворителями), другие разновидности экстракции, применение хроматографии. Выделение природных соединений из растительных объектов.

Тема 1.3. Этапы установления структуры вторичных метаболитов.

Предварительный сбор аналитических данных, критерии индивидуальности соединения. Установление структуры углеродного скелета и расположения функциональных групп. Определение относительной и абсолютной конфигурации. Понятие о спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Использование данных масс-спектрометрии, ЯМР-, ИК-, УФ-спектроскопии. Рентгеноструктурный анализ. Химические методы в установлении структуры. Встречный синтез.

Раздел 2. Введение во вторичный метаболизм

Тема 2.1. Особенности биосинтетических реакций.

Химический состав живых организмов. Пригодность соединений углерода для выполнения биологических функций; биологическая роль воды.

Механизмы в биологической химии. Классификация и принципы действия ферментов. Активные центры ферментов, коферменты. Витамины как источники коферментов. Основные биосинтетические реакции: алкилирование, перегруппировки Вагнера-Меервейна, альдольная реакция и конденсация Кляйзена, образование оснований Шиффа, реакция Манниха, переаминирование, декарбоксилирование, окислительно-восстановительные реакции, гликозилирование. Ключевые интермедиаты биосинтетических

путей. Методы установления путей биосинтеза. Понятие о биомиметическом подходе к химическому синтезу природных соединений.

Тема 2.2. Углеводы и их значение для осуществления вторичного метаболизма.

Классификация углеводов, их нахождение в природе и выполняемые функции. Образование моносахаридов фотосинтезом. Фермент РубисКо. Представление о цикле Калвина. Биологически важные реакции углеводов. Отщепление С₂ и С₃ фрагментов при участии ферментов кетолаз и альдолаз. Образование пировиноградной кислоты в процессе гликолиза и его значение. Синтез ацетилкоэнзима А и вовлечение его в цикл трикарбоновых кислот (ЦТК) Кребса. Значение ЦТК. Брожение сахаров (спиртовое, молочнокислое). Образование гликозидов, важнейшие представители. Восстановленные и окисленные формы сахаров. Аскорбиновая кислота. Инозиты. Дезоксисахара, аминсахара. Аминогликозидные антибиотики. Азасахара.

Тема 2.3. Ацетатный путь биосинтеза. Жирные кислоты и поликетиды.

Ацетатный путь биосинтеза. Насыщенные жирные кислоты. Ненасыщенные жирные кислоты. Ацетиленовые жирные кислоты. β-Окисление жирных кислот. Образование полиацетиленов. Жирные кислоты с разветвленным скелетом. Оксигенированные производные жирных кислот. Липостатин, орлистат. Эйкозаноиды. Оксипирины растений. Поликетиды. Макролиды, ацетогенины, полиэферы, макролидные и полиэфирные антибиотики. Биосинтез ловастатина ферментативной реакцией Дильса-Альдера.

Раздел 3. Фенольные вещества растений

Тема 3.1. Общая характеристика фенольных веществ растений.

Биологическая роль фенольных соединений растений, классификация. Понятие о растительных пигментах, дубильных веществах, фенольных антиоксидантах.

Тема 3.2. Фенольные соединения ацетатного (поликетидного) пути биосинтеза.

Примеры фенольных соединений поликетидного пути биосинтеза: орселлиновая кислота, антрахиноны (эмодин, эмодин-антрон, гиперидин). Тетраценовые антибиотики.

Тема 3.3. Фенольные соединения шикиматного и смешанного путей биосинтеза.

Шикимовая, хоризмовая, префеновая кислоты как предшественники фенолокислот и ароматических аминокислот. Салициловая, п-оксибензойная, галловая кислоты. Депсиды. Фенилпировиноградная кислота, фенилаланин и

тирозин. Фенилпропаноиды. Коричные и гидроксикоричные кислоты. Понятие о лигнанах. Фенилпропены. Ванилиновая кислота и ванилин. Кумарины. Понятие об антикоагулянтах. Фурокумарины, понятие о меротерпеноидах. Стильбены. Халконы. Флавоноиды. Катехины чая. Рутин, кверцетин, дигидрокверцетин, гесперидин. Антоцианидины. Значение флавоноидов и изофлавоноидов в питании человека. Витамины группы Р. Токоферолы.

Тема 3.4. Хиноновые соединения.

Убихиноны и пластохиноны. Понятие об электронпередающей цепи клеточного дыхания. Филлохиноны и менахиноны (витамины группы К).

Раздел 4. Изопреноиды

Тема 4.1. Строение молекул изопреноидов и пути биосинтеза.

Принципы построения молекул изопреноидов. Изопреновое правило. Классификация изопреноидов. Мевалонатный и немевалонатный (дезоксисилулозофосфатный) пути биосинтеза. Использование изопреноидов в химии, медицине, других областях.

Тема 4.2. Терпены и терпеноиды.

Биосинтетическая последовательность активный изопрен – гераниол – фарнезол – геранилгераниол – полипренолы. Представление о путях образования разнообразных терпеновых структур. Биологическая роль терпенов. Эфирные масла растений. Феромоны насекомых. Аттрактанты, репелленты. Фитогормоны.

Ациклические монотерпены: гераниол, линалоол, цитраль, мирцен, ипсенол, ипсдиенол. Моноциклические терпены: лимонен, ментол, тимол, грандизол, хризантемовая кислота. Представление об иридоидах, пиретринах и пиретроидах. Бициклические монотерпены, типы структур. α - и β -Пинены, туйены, камфора.

Ациклические сесквитерпены: фарнезол, ювенильные гормоны насекомых. Отдельные типы структур циклических сесквитерпенов. Абсцизовая кислота, хамазулен, ледол.

Дитерпены: геранилгераниол и фитол, отдельные типы структур циклических дитерпенов. Смоляные кислоты, стевииол, гибберелловая кислота, таксол, форбол, гинкголид.

Тема 4.3. Тритерпены и стероиды.

Биосинтетическая последовательность фарнезол – сквален – холестерин. Биологическая роль холестерина. Представление о стероидных гормонах, желчных кислотах, витаминах группы D, брассиностероидах. Химический синтез стероидов и витамина D. Представление о тритерпеновых сапонидах.

Тема 4.4. Изопреноиды, содержащие 8 и более изо-С5 фрагментов.

Каротиноиды. Биосинтетическая последовательность геранилгераниол – фитоин – ликопин – каротин. Биологическая роль каротина. Витамин А. Химический синтез ретинол-ацетата. Ксантофилы.

Раздел 5. Аминокислоты, биогенные амины, алкалоиды

Тема 5.1. Строение, классификация, биологическая роль аминокислот.

Протеиногенные и непротеиногенные аминокислоты. Биосинтез α -аминокислот из оксокислот. Реакции переаминирования и восстановительного аминирования, роль глутаминовой и аспарагиновой аминокислот. Биологически важные реакции аминокислот, роль пиридоксаль-фосфата (витамина В6). Биогенные амины и алкалоиды, их биологическое действие и применение. Пептиды. Понятие о нейропептидах, пептидных антибиотиках. Глутатион.

Тема 5.2. Семейство глутаминовой кислоты.

Глутаминовая кислота, глутамин, пролин, аргинин, орнитин. Предшественник – α -кетоглутаровая кислота. Гамма-аминомасляная кислота (ГАМК). Полиамины путресцин, спермидин, спермин, кадаверин. Алкалоиды пирролидинового, пирролизидинового и тропанового рядов. Гиосциамин и атропин, кокаин. Анатоксин-А.

Тема 5.3. Семейство аспарагиновой кислоты.

Аспарагиновая кислота, аспарагин, треонин, метионин, изолейцин, лизин. Предшественник – щавелевоуксусная кислота. (S)-аденозилметионин (SAM), α -аминоциклопропанкарбоновая кислота, биосинтез фитогормона этилена. Карнитин. Алкалоиды пиперидинового ряда (лобелин).

Тема 5.4. Семейство пировиноградной кислоты.

Аланин, валин, лейцин. Предшественник – пировиноградная кислота (продукт гликолиза); Глюкозо-аланиновый цикл. Биотин.

Тема 5.5. Семейство серина.

Серин, глицин, цистеин. Предшественник – 3-фосфоглицерат. Коламин, холин, ацетилхолин, биосинтез из серина и биологическая роль. Принцип действия нервно-паралитических ядов. Анандамид. Нейрин. 5-Аминолевулиновая кислота, представление о биосинтезе порфиринов, желчные пигменты. Пуриновые алкалоиды. Кофеин, теобромин, теофиллин, аденин, гуанин, инозин. Таурин. β -лактамы антибиотики.

Тема 5.6. Семейство фенилаланина.

Фенилаланин, тирозин, триптофан. Предшественник – шикимовая кислота.

Катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин), тиреоидные гормоны, меланин. Эфедрин, мескалин, капсаицин. Изохинолиновые алкалоиды: папаверин, морфин, тубокурарин.

Цианогенные гликозиды (амигдалин), глюкозинолаты.

Серотонин, мелатонин, их роль в организме человека. Индольные алкалоиды грамин, триптамин, индолилуксусная кислота (гетероауксин), индиго. Лизергиновая кислота и эргоалкалоиды. Индольные иридоидные алкалоиды (резерпин, иохимбин, стрихнин, бруцин). Хинолиновые алкалоиды (хинин).

Тема 5.7. Никотиновая кислота и пиридиновые алкалоиды.

Биосинтез из триптофана (кинурениновый путь) у животных и из аспарагиновой кислоты у растений. Витамин РР (В3, ниацин). Пиридиновые алкалоиды: никотин, анабазин, биологическое действие и применение.

Раздел 6. От биосинтеза к полному синтезу природных соединений и их аналогов

Тема 6.1. Особенности состава, структуры и биосинтеза некоторых других групп природных соединений.

Элементоорганические природные соединения, содержащие атомы NaI, S, P. Ацетиленовые и кумуленовые природные соединения. Биологически активные природные соединения, содержащие циклопропановый фрагмент. Представления о путях их биосинтеза. Понятие о реакциях «скрытого галогенирования» в биосинтезе и их сходство со стратегиями, используемыми химиками-синтетиками. Соотнесение с концепциями «идеального синтеза» (Дж. Хендриксон, П. Вендер, Ф. Баран и др.).

Тема 6.2. Природные соединения в создании лекарственных препаратов. Роль органического синтеза.

Полный синтез природных соединений: характеристика современного этапа развития. Элементы молекулярной сложности. Стратегии упрощения структуры соединения с сохранением биоактивности. Дивергентные синтетические схемы. Коллективный полный синтез. Синтез библиотек соединений с использованием модульного подхода.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основные понятия и методы химии природных соединений	2			6			
1.1	Введение	1						
1.2	Приемы выделения природных соединений	1			6			Отчет по лабораторной работе
1.3	Этапы установления структуры вторичных метаболитов							
2	Введение во вторичный метаболизм	7					1	
2.1	Особенности биосинтетических реакций	2						
2.2	Углеводы и их значение для осуществления вторичного метаболизма	3						
2.3	Ацетатный путь биосинтеза. Жирные кислоты и поликетиды	2					1	Контрольная работа № 1 (по темам 1.1-2.3)
3	Фенольные вещества растений	5		4			1	

3.1	Общая характеристика фенольных веществ растений.	1		2				Устный и письменный опрос
3.2	Фенольные соединения ацетатного (поликетидного) пути биосинтеза							
3.3	Фенольные соединения шикиматного и смешанного путей биосинтеза.	4		2			1	Контрольная работа № 2 (по разделу 3)
3.4	Хиноновые соединения							
4	Изопреноиды	10		4			1	
4.1	Строение молекул изопреноидов и пути биосинтеза.	6		2				Устный и письменный опрос
4.2	Терпены и терпеноиды							
4.3	Тритерпены и стероиды.	4		2			1	Контрольная работа № 3 (по разделу 4)
4.4	Изопреноиды, содержащие 8 и более изо-С5 фрагментов							
5	Аминокислоты, биогенные амины, алкалоиды	8					1	
5.1	Строение, классификация, биологическая роль аминокислот.	2						
5.2	Семейство глутаминовой кислоты.							
5.3	Семейство аспарагиновой кислоты.	2						
5.4	Семейство пировиноградной кислоты.							
5.5	Семейство серина.	2						
5.6	Семейство фенилаланина	2					1	Контрольная работа № 4 (по разделу 5)
5.7	Никотиновая кислота и пиридиновые алкалоиды.							

6	От биосинтеза к полному синтезу природных соединений и их аналогов	2						
6.1	Особенности состава, структуры и биосинтеза некоторых других групп природных соединений	1						
6.2	Природные соединения в создании лекарственных препаратов. Роль органического синтеза	1						
	ИТОГО	34		8	6		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Селиверстова, Т. С. Органическая химия. Гетерофункциональные природные соединения : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по направлению образования "Химическая промышленность" и специальностям "Биоэкология", "Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции": в 2 кн. / Т. С. Селиверстова, М. А. Кушнер, В. С. Безбородов – Минск : БГТУ, 2021. – Кн. 1 : 161 с., Кн. 2 : 115 с.
2. Биоорганическая химия : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям "Лечебное дело", "Педиатрия", "Медико-профилактическое дело", "Стоматология", "Медико-психологическое дело" / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : Новое знание, 2022. – 280 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Dewick, P. M. Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach / P. M. Dewick. – 3rd ed. – J. Wiley & Sons, Ltd, 2009. – 546 p.
2. Племенков, В. В. Введение в химию природных соединений : для хим., биол. и мед. спец. ВУЗов и университетов / В. В. Племенков. – Казань : [б. и.], 2001. – 376 с.
3. Липсон, В. В. Химия природных низкомолекулярных соединений : учебное пособие / В. В. Липсон. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2013. – 344 с.
4. Органическая химия : учебн. для вузов : В 2 кн. Кн. 2 : Специальный курс / Н. А. Тюкавкина, С. Э. Зурабян, В. Л. Белобородов и др. ; под. ред. Н. А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2008. – 592 с.
5. Нельсон, Д. Биосинтез аминокислот, нуклеотидов и связанных с их метаболизмом молекул / Д. Нельсон, М. Кокс // Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. Т. 2 : Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Кокс ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – Гл. 22. – С. 505–564.
6. Chapter 49. The chemistry of life; Chapter 50. Mechanisms in biological chemistry; Chapter 51. Natural products // Organic Chemistry / J. Clayden [et al.] – New York : Oxford University Press, 2001 – P. 1345–1450.
7. Hanson, J. R. Natural Products: The Secondary Metabolites / J. R. Hanson. – RSC, 2003. – 149 p.
8. Stanforth, S. P. Natural product chemistry at a glance / S. P. Stanforth. – Blackwell Publishing Ltd, 2006. – 147 p.
9. Cooper, R. Natural Products Chemistry: Sources, Separations, and Structures / R. Cooper, G. Nicola. – CRC Press, 2015. – 198 p.

10. From biosynthesis to total synthesis : strategies and tactics for natural products / ed. A. L. Zografos. – Hoboken, New Jersey : J. Wiley & Sons, Inc., 2016. – 588 p.
11. Семенов, А. А. Очерк химии природных соединений / А.А. Семенов. – Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 664 с.
12. Музычкина, Р. А. Основы химии природных соединений / Р. А. Музычкина, Д. Ю. Корулькин, Ж. А. Абилов. – Алматы: Казак университеті, 2010. – 564 с.
13. Прикладные биологически активные вещества. Прикладная органическая химия / под. ред. А. Т. Солдатенкова. – Ханой : Знания, 2016. – 376 с.
14. Adak, S. Cryptic halogenation reactions in natural product biosynthesis / S. Adak, B. S. Moore // Nat. Prod. Rep. – 2021. – Vol. 38, № 10. – P. 1760-1774.
15. Peters, D. S. Ideality in Context: Motivations for Total Synthesis / D. S. Peters [et al.] // Acc. Chem. Res. – 2021. – Vol. 54, № 3. – P. 605–617.
16. Li, L. Divergent Strategy in Natural Product Total Synthesis / Lei Li [et al.] // Chem. Rev. – 2018. – Vol. 118, № 7. – P. 3752–3832.
17. Wang, S. Structural Simplification of Natural Products / S. Wang, G. Dong, C. Sheng // Chem. Rev. – 2019. – Vol. 119, № 6. – P. 4180–4220.
18. Sun, A. W. Modularity: Adding New Dimensions to Total Synthesis / A. W. Sun, S. Lackner, B. M. Stoltz // Trends in Chemistry – 2019. – Vol. 1, № 7. – P. 630-643.
19. Newman, D. J. Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019 / D. J. Newman, G. M. Cragg // J. Nat. Prod. – 2020. – Vol. 83, № 3. – P. 770–803.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций рекомендуется применять следующие средства текущего контроля:

1. Устный и письменный опрос на семинарских занятиях.
2. Отчет по лабораторной работе.
3. Написание аудиторных контрольных работ.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Введение в химию природных соединений» учебным планом предусмотрен экзамен.

Формирование отметки за текущую успеваемость:

1. Ответы на семинарских занятиях – 20 %.
2. Отчет по лабораторной работе – 10 %.
3. Контрольные работы – 70 %.

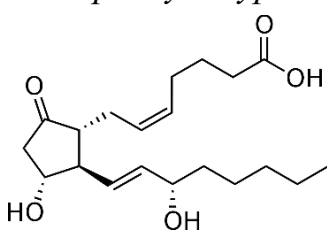
Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) – 40 % и экзаменационной отметки – 60 %.

Студент допускается к экзамену при условии положительной (не менее 4 баллов) отметки текущей успеваемости.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Решение заданий по **разделам 1-2. Основные понятия и методы химии природных соединений. Введение во вторичный метаболизм (1 ч.)**

1. Задание, формирующее достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания:



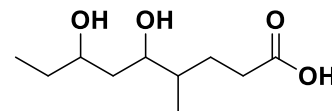
К какому классу соединений относится данное вещество? Какова его биологическая роль? Из какого биосинтетического предшественника (жирной кислоты) оно образовалось?

2. Задание, формирующее компетенции на уровне воспроизведения:

Приведите схему образования глюкозы в темновой стадии фотосинтеза.

3. Задание, формирующее компетенции на уровне применения полученных знаний:

Предложите последовательность стадий биосинтеза изображенного на рисунке поликететида.

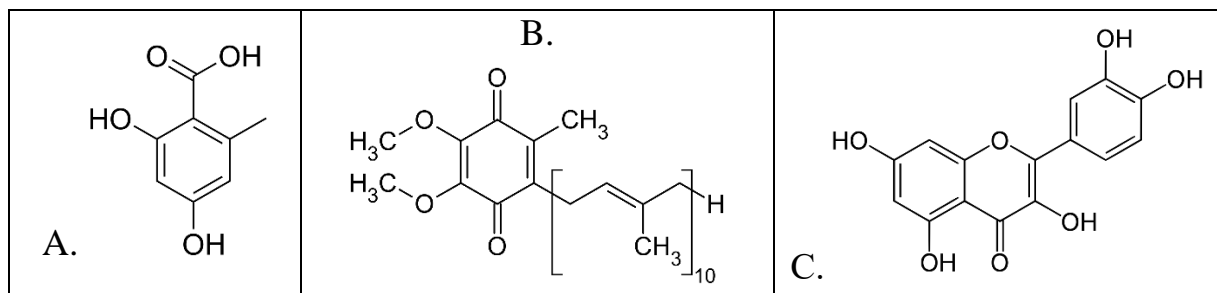


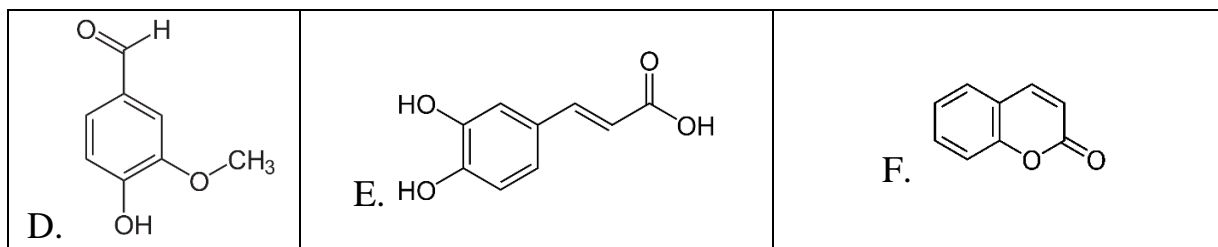
Форма контроля – аудиторная контрольная работа.

Решение заданий по **разделу 3. Фенольные вещества растений (1 ч.)**

1. Задание, формирующее достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания:

Приведите тривиальные названия указанных фенольных соединений и укажите путь их биосинтеза в растениях (ацетатный, шикиматный, смешанный):

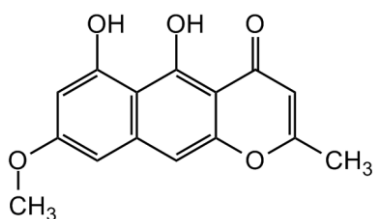




2. Задание, формирующее компетенции на уровне воспроизведения:

Напишите схему превращения хоризмовой кислоты в префеновую и далее превращения префеновой кислоты в коричную.

3. Задание, формирующее компетенции на уровне применения полученных знаний:



Проанализируйте приведенную структуру и предложите возможную схему ее биосинтеза.

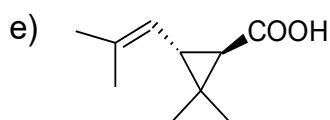
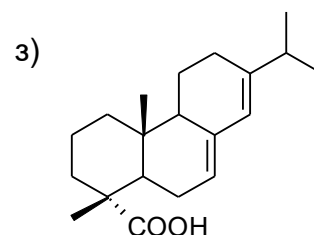
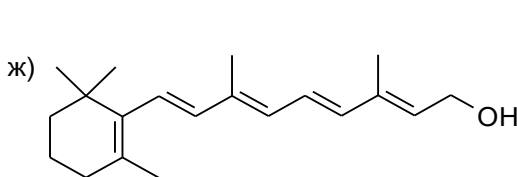
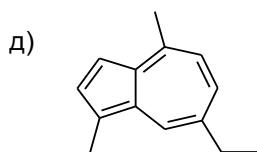
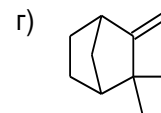
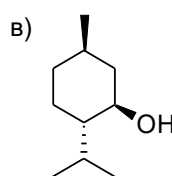
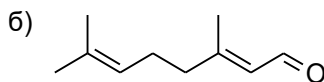
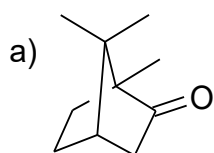
руброфузарин – красно-оранжевый пигмент, выделяемый из некоторых грибов и растений, активен против микобактерий; ингибирует топоизомеразу II (потенциальное противораковое и противовирусное действие)

Форма контроля – аудиторная контрольная работа.

Решение заданий по **разделу 4. Изопrenoиды (1 ч.)**

1. Задание, формирующее достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания:

Дайте тривиальные названия соединениям, укажите, к какому типу терпеновых соединений относится каждое из них. Для соединений (ж) и (з) назовите биосинтетические предшественники:

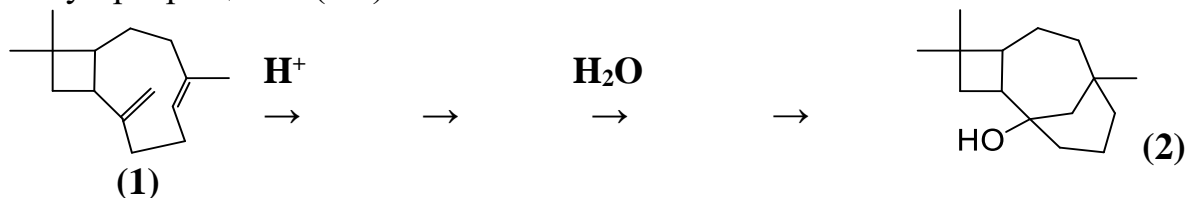


2. Задание, формирующее компетенции на уровне воспроизведения:

Рассмотрите мевалонатный путь биосинтеза геранилпирофосфата (укажите мевалоновую кислоту и «активные изопрены») и схему образования из него α-пинена. Какова роль аллильной изомеризации геранилпирофосфата в этом процессе?

3. Задание, формирующее компетенции на уровне применения полученных знаний:

Кариофиллен (1) получают как побочный продукт при выделении эвгенола и используют при составлении парфюмерных композиций. При обработке водной кислотой он превращается в кариоланол (2). Предложите схему превращения (2 б):

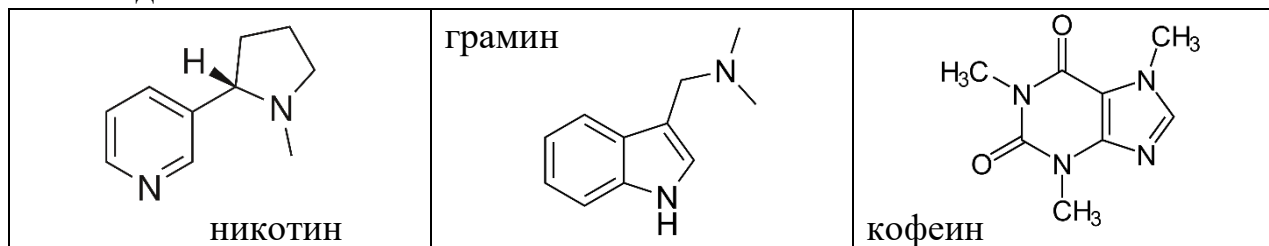


Форма контроля – аудиторная контрольная работа.

Решение заданий по **разделу 5. Аминокислоты, биогенные амины, алкалоиды (1 ч.)**

1. Задание, формирующее достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания:

Подпишите названия гетероциклов, входящих в состав указанных алкалоидов:

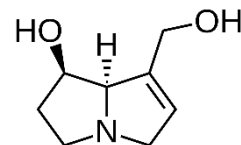


2. Задание, формирующее компетенции на уровне воспроизведения:

Рассмотрите образование из пировиноградной кислоты аминокислот аланина, валина, лейцина.

3. Задание, формирующее компетенции на уровне применения полученных знаний:

Предложите возможную схему биосинтеза алкалоида ретронецина.



Форма контроля – аудиторная контрольная работа.

Примерная тематика лабораторных занятий

Лабораторное занятие № 1. Выделение природных соединений из растительного сырья и их идентификация.

Примерный перечень лабораторных работ:

1. Кофеин из чая (или из кофе)
2. Нарингин из кожуры грейпфрута

3. Лимонен из апельсиновых корок
4. Ликопин из томатной пасты
5. Карвон и лимонен из семян тмина
6. Бетулин из бересты

Примерная тематика семинарских занятий

Семинарское занятие № 1. Фенольные вещества растений. Ацетатный и шикиматный пути биосинтеза.

Семинарское занятие № 2. Фенольные вещества растений (продолжение).

Семинарское занятие № 3. Монотерпены.

Семинарское занятие № 4. Сескви-, ди-, тритерпеноиды, стероиды.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются *методы учебной дискуссии*, а также *методы и приемы технологии развития критического мышления*.

Метод учебной дискуссии предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

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

Методы и приемы технологии развития критического мышления представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по заданной проблеме курса;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- решение домашних практических упражнений к семинарским занятиям;
- подготовка к лабораторному занятию.

Примерные типы заданий для экзамена (в письменной форме)

1. Теоретический вопрос на воспроизведение лекционного материала (согласно прилагаемому списку).
2. Дать тривиальные названия представителей изучаемых классов природных соединений в рамках программы (приведены формулы соединений) либо обратная задача – привести структурные формулы, соответствующие указанным названиям.
3. Описать биологическую роль предложенных соединений (из числа изучавшихся в рамках программы).
4. Указать биосинтетический предшественник для приведенного соединения (из числа изучавшихся в рамках программы).
5. Выделить ключевые биосинтетические «строительные блоки» в структуре знакомого или неизвестного природного соединения и предложить возможный путь его биосинтеза.
6. Написать реакции, характеризующие химические свойства природных соединений, относящихся к изучаемым классам (на примерах, разбиравшихся в рамках программы), рассмотреть их механизм.
7. Предложить схему и механизм биосинтетических превращений для не встречавшихся ранее природных соединений на основе изученных закономерностей.

Примерный список вопросов к экзамену («теоретический вопрос» билета)

1. Принципы систематизации органических соединений живых организмов.
2. Основные биосинтетические пути образования вторичных метаболитов и их связь с процессами первичного метаболизма.
3. Строительные блоки природных органических соединений.
4. Классификация, строение и принципы действия ферментов.
5. Основные биосинтетические реакции.
6. Образование моносахаридов фотосинтезом, представление о цикле Кальвина.
7. Биологически важные реакции углеводов.
8. Биосинтез и биологическая роль аскорбиновой кислоты.
9. Ацетатный (поликетидный) путь биосинтеза, общая схема, продукты ацетатного пути.
10. Оксипирины – общая характеристика, основные представители и их биологическая роль, представление об их биосинтезе.
11. Фенольные вещества растений, классификация, биологические функции, возможные пути биосинтеза (с примерами соединений)
12. Фенольные соединения ацетатного (поликетидного) пути биосинтеза.
13. Шикиматный путь биосинтеза фенольных соединений.

14. Лигнаны – общие принципы их биосинтеза из гидроксикоричных спиртов.
15. Фенольные соединения смешанного пути биосинтеза.
16. Биосинтез флавоноидов и их биологические функции.
17. Хиноновые соединения. Убихиноны и пластохиноны. Понятие об электронпердающей цепи клеточного дыхания. Филлохиноны и менахиноны (витамины группы К). Витамин Е.
18. Принципы построения молекул изопреноидов. Изопреновое правило. Классификация изопреноидов. Мевалонатный и немевалонатный (дезоксисилулозофосфатный) пути биосинтеза.
19. Биосинтетическая последовательность *активный изопрен – гераниол – фарнезол – геранилгераниол – полипренолы*. Представление о путях образования разнообразных терпеновых структур.
20. Монотерпены и монотерпеноиды: основные представители и их биосинтез, биологическая роль.
21. Бициклические монотерпены: типы структур, биосинтез, химические свойства.
22. Сесквитерпены и сесквитерпеноиды: биосинтез, отдельные представители, биологические функции.
23. Дитерпены: геранилгераниол и фитол, отдельные типы структур циклических дитерпенов. Смоляные кислоты.
24. Биосинтетическая последовательность *фарнезол – сквален – холестерин*. Биологическая роль холестерина.
25. Классификация стероидных соединений, краткая характеристика особенностей структуры и биологических функций наиболее важных групп, представление об их биосинтезе реакциями укорочения боковой цепи.
26. Сердечные гликозиды и стероидные сапонины, особенности структуры, представление об их биосинтезе и биологических функциях.
27. Каротиноиды. Биосинтетическая последовательность *геранилгераниол – фитоин – ликопин – каротин*. Биологическая роль каротина. Витамин А. Ксантофиллы.
28. Строение, классификация, биологическая роль аминокислот.
29. Биосинтез α -аминокислот из оксокислот. Реакции переаминирования и восстановительного аминирования, роль глутаминовой кислоты. Биологически важные реакции аминокислот, роль пиридоксаль-фосфата (витамина В6).
30. Биогенные амины и алкалоиды, их биологическое действие и применение, общие принципы их биосинтеза.
31. Семейство глутаминовой кислоты. Глутаминовая кислота, глутамин, пролин, аргинин, орнитин. Биосинтез и биологическая роль, предшественниками каких вторичных метаболитов являются.

32. Гамма-аминомасляная кислота (ГАМК). Полиамины путресцин, спермидин, спермин. Биосинтез и биологическая роль, предшественниками каких вторичных метаболитов являются.
33. Алкалоиды пирролидинового, пирролизидинового и тропанового рядов. Биосинтез и биологическая роль.
34. Семейство аспарагиновой кислоты. Аспарагиновая кислота, аспарагин, треонин, метионин, изолейцин, лизин. Биосинтез и биологическая роль, предшественниками каких вторичных метаболитов являются.
35. Семейство пировиноградной кислоты. Аланин, валин, лейцин. Глюкозо-аланиновый цикл.
36. Семейство серина. Серин, глицин, цистеин. Биогенные амины, биосинтезируемые из серина. Биосинтез и биологическая роль.
37. Пуриновые алкалоиды. Кофеин, теобромин, теofilлин, аденин, гуанин, инозин – биологическая роль, представление о биосинтезе.
38. Семейство фенилаланина. Фенилаланин, тирозин, триптофан. Катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин). Серотонин, мелатонин. Биосинтез и биологическая роль.
39. Биосинтез никотиновой кислоты из триптофана (кинурениновый путь) у животных и из аспарагиновой кислоты у растений. Витамин РР (В3, ниацин), роль в биосинтезе.
40. Пиридиновые алкалоиды: никотин, анабазин, биосинтез, биологическое действие и применение.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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)
Биохимия	Высокомолекулярных соединений	Замечаний нет	Изменений не требуется, протокол № 18 от 22.06.2023

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры органической химии Белорусского государственного университета_(протокол № ____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой
к.х.н., доцент

_____ Т. А. Шевчук

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
к.х.н., доцент

_____ А. В. Зураев