Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат: 7d15b88066d31dcb1847af0d7d99b718672f8b21
Владелец: Луканин Павел Владимирович
Действителен: с 11.02.2020 по 31.12.2022

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.03 Химия и технология терпенов и продуктов их глубокой переработки

Учебный план: ФГОС3++m180401.12-12_22-12.plx

Кафедра: 12 Органической химии

Направление подготовки: (специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки: (специализация) Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Практ. занятия	Лаб. занятия				
2	УП	34	17	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	3	
Итого	УП	34	17	56,75	0,25	3	
	РПД	34	17	56,75	0,25	3	

Санкт-Петербург
2022

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

Кандидат химических наук, доцент	Федоров А.Н.
ассистент	Вахрушева Е.Д.
От кафедры составителя: Заведующий кафедрой органической химии	Тришин Ю.Г.
От выпускающей кафедры: Заведующий кафедрой	Тришин Ю.Г.
Методический отдел:	Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области химической технологии продуктов тонкого органического синтеза на основе природных источников органических веществ.

1.2 Задачи дисциплины:

• Сформировать прочные знания о важнейших природных источниках терпенов, методах их извлечения и синтеза;

• Раскрыть основные закономерности свойств терпенов различных видов;

• Рассмотреть принципиальные технологические схемы получения продуктов на основе терпенов;

• Рассмотреть главные области применения терпенов и продуктов их глубокой переработки;

• Продемонстрировать преимущества использования терпенов как возобновляемого природного сырья по сравнению с нефтехимическими полупродуктами в технологии тонкого органического синтеза.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Учебная практика, научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Иностранный язык в профессиональной деятельности

Учебная практика, ознакомительная практика

Химические средства защиты растений

Химия гетероциклических соединений

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2: Способен обрабатывать , анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать методику и средства решения задачи
Знать: современные методы проведения химико-технологических процессов, новейшие достижения современной химической технологии терпенов и продуктов их глубокой переработки, принципиальные технологические схемы получения терпенов и продуктов их глубокой переработки, главные области применения терпенов и продуктов их глубокой переработки.
Уметь: выбирать оборудование, режимные характеристики и методы контроля технологических процессов, оценивать эффективность технологического процесса производства терпенов и продуктов их глубокой переработки, выбирать наиболее рациональные технологические схемы переработки сырья с учетом требований безопасности жизнедеятельности человека, снижения количества сбросов и выбросов и энергосбережения.
Владеть: современными методами исследования органических веществ и их применения в технологии тонкого органического синтеза; современными методами организации лабораторных и промышленных испытаний.
ПК-3: Способен применять на практике как традиционные, так и новейшие подходы, методы, приборы и оборудование для проведения научно-исследовательской работы
Знать: важнейшие природные источники терпенов, методы их извлечения и синтеза, основные закономерности свойств терпенов различных видов, главные области применения терпенов и продуктов их глубокой переработки, технологии производства продуктов на основе терпенов, особенности организации производства продуктов на основе терпенов.
Уметь: выбирать оборудование, режимные характеристики и методы контроля технологических процессов, оценивать эффективность технологического процесса производства продуктов на основе терпенов.
Владеть: современными методами исследования органических соединений и их применения в технологии тонкого органического синтеза, методами контроля процесса производства продуктов на основе терпенов.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Общие представления о терпенах и путях их биосинтеза	2					О
Тема 1. Общие представления о терпенах Определение терпенов и терпеноидов. Классификация терпенов по числу изопреноидных остатков: геми-, моно-, сескви-, ди-, сестер-, три-, тетра- и политерпены. Классификация терпенов по строению углеродного скелета, примеры и распространение в природе конкретных соединений. Монотерпены — ациклические, циклогексаноидные (моно-, ди- и трициклические), циклопентаноидные. Сесквитерпены — ациклические, моноциклические, бициклические, трициклические. Дитерпены — ациклические, бициклические, трициклические. тетрациклические. Тетрациклические соединения как главная группа тритерпеноидов. Стероиды. Тетратерпены — каротиноиды. Полипренолы.		3		5,75	ГД	
Тема 2. Основы биосинтеза терпенов. Ацетил-СоА — предшественник при биосинтезе терпенов. Образование изопентенилпирофосфата (ИПФ), диметилаллилпирофосфата (ДМАПФ), геранилпирофосфата (ГПФ), фарнизилпирофосфата (ФПФ). Биосинтез монотерпенов циклического строения.		3		6	ГД	
Раздел 2. Химия терпенов						О,Л

Тема 3. Монотерпеноиды 2,6-диметилоктанового ряда Строение и получение бета-мирцена термолизом бета-пинена. Строение и получение оцимена термолизом альфа-пинена. Промышленные и лабораторные методы получения важнейших кислородсодержащих терпеноидов 2,6-диметилоктанового ряда: цитронеллола, гераниола, нерола, линалоола. Получение цитронеллола: 1) из альфа-пинена через пинан, 3,7-диметил-1,6-октадиен и эпоксипроизводное 3,7-диметил-1,6-октадиена, 2) гидрированием цитронеллаля или гераниола. Получение гераниола и нерола: 1) из мирцена гидрохлорированием с последующим ацетилированием нерил- и геранилхлоридов и омылением соответствующих эфиров, 2) изомеризацией линалоола, 3) гидрированием цитраля. Получение линалоола: 1) из бета-пинена по схеме "пинан-гидроперекись пинана-пинан-2-ол", 2) из бета-пинена через мирцен, мирценилхлорид, ацетат линалоола. Стереоизомерия цитронеллола и линалоола. Химические свойства соединений 2,6-диметилоктанового ряда. Термо- и фотоиндуцируемые взаимопревращения в системе оцимен - аллоцимен - пиронен. Реакции электрофильного присоединения: 1,4-присоединение хлористого водорода к мирцену. Катализируемая кислотами циклизация в производные п-ментана: получение изопугенола из цитронеллаля.		3		5	ГД	

Тема 4. Монотерпеноиды п-ментанового ряда Строение лимонена (дипентена). Его получение: 1) термолизом бета- и бета-пиненов, 2) дегидратацией альфа-терпинеола. Строение терпиненов. Получение терпинолена дегидратацией альфа-терпинеола. Строение альфа- и бета-фелландренов, их нахождение в природных источниках. Строение альфа-, бета- и гамма-терпинеолов. Получение альфа-терпинеола из альфа-пинена через терпингидрат. Получение ментола из природных источников и синтетически путем алкилирования м-крезола пропиленом с последующим гидрированием бензольного кольца. Окисление ментола в ментон. Синтез пулегона из цитронеллаля путем кислотно-катализируемой циклизации с последующей изомеризацией изопулегона и окислением пулегола. Окисление монотерпеноидов п-ментанового ряда: 1) образование аллильных гидроперекисей на примере гамма-терпинена, 2) образование циклических перекисей ([2+4]-циклоприсоединение кислорода) на примере альфа-терпинена. Гидрирование монотерпеноидов п-ментанового ряда до п-ментана на примере дипентена. Реакции расширения цикла на примере получения эйкарвола из карвона.		3		5	ГД	
Тема 5. Монотерпеноиды группы карана Структура и стереоизомерия дельта2-, дельта3-, дельта4-каренов, цис- и транс-каранов. Получение дельта3-карена перегонкой скипидара. Химические свойства монотерпеноидов группы карана на примере реакций дельта3-карена: 1) взаимодействие с хлористым водородом как пример присоединения по двойной связи и трехчленному циклу, 2) взаимодействие с параформом и уксусной кислотой (получение вальтерилацетата) как пример реакции с сохранением обоих циклов и перемещением двойной связи.		3		3	ГД	

Тема 6. Монотерпеноиды группы пинана (производные бицикло-[3.1.1]-гептана) Структура и стереоизомерия альфа-, бета- ,гамма-пиненов, цис- и транс-пинанов. Получение альфа-, бета-пиненов из скипидара. Химические свойства производных группы пинана. Термолиз альфа-пинена – размыкание обоих циклов как способ получения алооцимена, а одного четырехчленного _ альфа-, бета-пироненов. Окисление альфа- и бета-пиненов кислородом в присутствии воды – получение продуктов аллильного окисления, размыкания четырехчленного цикла и эпоксидирования экзоциклической связи С=С. Окисление альфа-пинена в соответствующую альфа-окись и последующая изомеризация ее в камфоленовый альдегид. Реакции альфа -пинена с электрофильными реагентами - превращения 2-пинанильного катиона в производные борнанового, фенханового и ментанового типов: а) присоединение хлористого водорода (перегруппировка Вагнера) - получение борнилхлорида, б) присоединение хлора – получение борнилдихлорида, 3) гидратация – получение терпингидрата. Каталитическое гидрирование альфа- и бета-пиненов - получение пинана. Свойства пинана и его производных. Термолиз пинана – получение дигидромирцена в результате размыкания обоих циклов. Использование дигидромирцена для получения дигидромирценола (гидратация с последующим каталитическим гидрированием). Свободно-радикальное окисление пинана в гидроперекись пинана. Восстановление гидроперекиси пинана в пинан-2-ол. Пиролиз пинан-2-ола (бирадикальный механизм термического расщепления) в линалоол. Лабораторная работа №1.Гидрирование пинена на катализаторе никель Ренея		3	3	4	ГД	
Раздел 3. Глубокая химическая переработка терпенов						
Тема 7. Скипидар как важнейший источник терпеновых углеводородов Объемы производства и важнейшие пути использования скипидаров. Технология промышленного получения и состав живичного, экстракционного, сульфатного и сухоперегонного скипидара. Лабораторная работа №2. Ректификация скипидара		2	3	6	ГД	Л,О,С

Тема 8. Промышленное производство пинана путем каталитического гидрирования пинена Основные физико-химические свойства и области применения пинана. Технические требования на пинан. Исходное сырье для получения пинана: □-пинен, никелевый катализатор. Технологическая схема получения пинана. Режимные характеристики процесса получения пинана. Отходы и выбросы. Технологический контроль процесса, выходной контроль качества продукта.		2		6	ГД	
Тема 9. Промышленное производство гидроперекиси пинана Основные физико-химические свойства и области применения гидроперекиси пинана. Технические требования на гидроперекись пинана. Исходное сырье для получения гидроперекиси пинана: пинан, воздух, инициатор. Технологическая схема получения гидроперекиси пинана. Режимные характеристики процесса получения гидроперекиси пинана. Технологический контроль процесса, выходной контроль качества продукта. Лабораторная работа №3. Окисление пинана в гидроперекись пинана.		3	4	6	ГД	
Тема 10. Промышленное производство пинан-2-ола Основные физико-химические свойства и области применения пинан-2-ола. Технические требования на пинан-2-ол. Исходное сырье для получения пинан-2-ола: гидроперекись пинана, сульфид натрия, гидроксид натрия. Технологическая схема получения пинан-2-ол. Режимные характеристики процесса получения пинан-2-ол. Технологический контроль процесса, выходной контроль качества продукта. Экологические аспекты производства пинан-2-ола. Лабораторная работа №4.Восстановление гидроперекиси пинана в пинан-2-ол		3	4	4	ГД	

Тема 11. Промышленное производство терпинеола Важнейшие физико-химические свойства и области применения терпинеола. Технические требования на терпинеол. Исходное сырье для получения терпинеола: альфа-пинен, муравьиная кислота, едкий натр. Технологическая схема получения терпинеола. Технологические характеристики процесса получения терпинеола. Побочные продукты (формиат натрия), отходы и выбросы. Технологический контроль процесса, выходной контроль качества продукта.		2		3		
Тема 12. Промышленное производство камфоры из альфа-пинена Основные физико-химические свойства и области применения камфоры. Технические требования на камфору. Исходное сырье для получения камфоры: альфа-пинен, двуокись титана, серная и муравьиная кислоты, медьсодержащий кактализатор. Технологическая схема получения камфоры. Четыре основные стадии получения камфоры: изомеризация пинена в камфен, получение изоборнилформиата, омыление изоборнилформиата в изоборнеол, дегидрирование изоборнеола. Режимные характеристики процесса получения камфоры на каждой стадии. Технологический контроль процесса, выходной контроль качества продукта. Лабораторная работа №5.Получение изоборнилацетата из камфена		2	3	3		
Тема 13. Промышленное производство изомеризационного скипидара и окситерпеновой смолы Важнейшие физико-химические свойства и области применения изомеризационного скипидара и окситерпеновой смолы. Исходное сырье для получения изомеризационного скипидара: обеспинененный скипидар и титановый катализатор. Технологическая схема и характеристики процесса получения изомеризационного скипидара. Технологический контроль процесса. Технологическая схема и основные параметры процесса получения окситерпеновой смолы. Контроль процесса ее получения, выходной контроль качества продукта.		2				
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				

Всего контактная работа и СР по дисциплине		51,25	56,75		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-2	1. Знает современные методы проведения химико-технологических процессов, принципиальные технологические схемы получения терпенов и продуктов их глубокой переработки, главные области применения терпенов и продуктов их глубокой переработки. 2. Способен выбирать оборудование, режимные характеристики и методы контроля технологических процессов, оценивать эффективность производства терпенов и продуктов их глубокой переработки, выбирать наиболее рациональные технологические схемы переработки сырья с учетом требований безопасности жизнедеятельности человека, снижения количества сбросов и выбросов и энергосбережения. 3. Исследует органические вещества и применяет их в технологии тонкого органического синтеза; проводит лабораторные и промышленные испытания на современном уровне	1. Вопросы устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания
ПК-3	1. Имеет понятие о важнейших природных источниках терпенов, методах их извлечения и синтеза, основных закономерностях свойств терпенов различных видов, главных областях применения терпенов и продуктов их глубокой переработки, технологиях производства продуктов на основе терпенов, особенности организации производства продуктов на основе терпенов 2. Объясняет выбор оборудования, режимных характеристик и методов контроля технологических процессов, оценивает эффективность технологического процесса производства продуктов на основе терпенов. 3. Исследует органические соединения и применяет их в технологии тонкого органического синтеза, контролирует процесс производства продуктов на основе терпенов.	1. Вопросы устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы, способен правильно применить основные методы и инструменты при решении практических задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	
Не зачтено	Обучающийся не может изложить значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, допускает неточности в формулировках и доказательствах, нарушения в последовательности изложения программного материала; неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания.	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 2	
1	Общие представления о терпенах. Классификация терпенов.
2	Современные представления о путях биосинтеза терпенов
3	Скипидар как важнейший источник терпеновых углеводородов, промышленные методы его получения, зависимость свойств от способа получения.
4	Монотерпеноиды 2,6-диметилоктанового ряда как продукты тонкого органического синтеза.
5	Строение монотерпеноидов 2,6-диметилоктанового ряда
6	Способы получения монотерпеноидов 2,6-диметилоктанового ряда
7	Химические свойства монотерпеноидов 2,6-диметилоктанового ряда
8	Строение монотерпеноидов п-ментанового ряда
9	Способы получения монотерпеноидов п-ментанового ряда
10	Химические свойства монотерпеноидов п-ментанового ряда
11	Строение и способы получения монотерпеноидов группы карана
12	Химические свойства монотерпеноидов группы карана
13	Строение монотерпеноидов группы пинана (производные бицикло-[3.1.1]-гептана)
14	Способы получения монотерпеноидов группы пинана (производные бицикло-[3.1.1]-гептана)
15	Химические свойства монотерпеноидов группы пинана (производные бицикло-[3.1.1]-гептана)
16	Объемы производства и важнейшие пути использования скипидаров.
17	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения пинана путем каталитического гидрирования пинена. Представить механизм реакций, лежащих в основе процесса.
18	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения гидроперекиси пинана из пинана. Представить механизм реакций, лежащих в основе процесса.
19	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения пинан-2-ола. Представить механизм реакций, лежащих в основе процесса.
20	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения терпинеола. Представить механизм реакций, лежащих в основе процесса.
21	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения камфоры из □-пинена. Представить механизм реакций, лежащих в основе процесса.
22	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения изомеризационного скипидара .
23	Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса получения окситерпеновой смолы.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Объяснить физические основы процесса ректификации скипидара.
2. Составить схему уравнений основных и побочных реакций процесса производства терпинеола. Предложить способы очистки полученного продукта-сырца.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная	+	Письменная		Компьютерное тестирование		Иная	

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку ответа по билету 40 минут.

Письменный конспект подготовки по билету может быть использован при обязательном устном собеседовании.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Травень В. Ф.	Органическая химия : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I. — 7-е изд., электрон. — (Учебник для высшей школы)	Москва: Лаборатория знаний	2020	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=372723
Травень В. Ф.	Органическая химия : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III. — 7-е изд., электрон. — (Учебник для высшей школы)	Москва: Лаборатория знаний	2020	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=372725
Травень В. Ф.	Органическая химия : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. II. — 7-е изд., электрон. — (Учебник для высшей школы)	Москва: Лаборатория знаний	2020	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=372724
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Валеева, Р. Т., Понкратов, А. С., Мухачев, С. Г., Ананьева, О. В., Нуртдинов, Р. М., Емельянов, В. М.	Солома как перспективное сырье для биотехнологических производств	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	http://www.iprbookshop.ru/62677.html
Исаева, Е. В., Еременко, О. Н., Почекутов, И. С.	Химия растительного сырья	Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева	2018	http://www.iprbookshop.ru/94921.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: http://www.iprbookshop.ru/

Электронная библиотека ВШТЭ СПБ ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: http://nizrp.narod.ru

Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: https://www.ibooks.ru/

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Химия» [Электронный ресурс]. URL: http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.74.7

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus [Электронный ресурс]. URL: https://www.scopus.com

Библиотека Химического факультета МГУ [Электронный ресурс] URL: http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html

Химический портал [Электронный ресурс] URL: www.chemnavigator.com

Библиографическая и реферативная база данных Scopus [Электронный ресурс]. URL: http://www.scopus.com

База данных по патентам URL: http: //www.ep.espacenet.com.

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft: Windows Professional 10 Russian Upgrade OLPNL AcademicEdition

Microsoft: Office Standard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Б-339	Рефрактометры, весы лабораторные, приборы для определения температуры плавления , сушильный шкаф, плитки электрические, мешалки магнитные, мешалки механические, вакуумный насос, водоструйные насосы, вытяжные шкафы, испаритель роторный LABOROTA-4000, спектрофотометр СФ-2000.