

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 27.10.2023 13:51:51
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ

Врио проректора по учебной
и методической работе

_____ Б.В.Пекаревский

« 22 » апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата

Химическая технология тонкого органического синтеза

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **химической технологии органических красителей и фототропных соединений**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Зиминов А.В.

Рабочая программа дисциплины «Химия и технология тонкого органического синтеза»
обсуждена на заседании кафедры химической технологии органических красителей и
фототропных соединений

протокол от «01» апреля 2021 № 4

Заведующий кафедрой

С.М. Рамш

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии
протокол от «20» апреля 2021 № 9

Председатель

М.В. Рутто

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	6
3. Объем дисциплины.	6
4. Содержание дисциплины.	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.	7
4.2. Занятия лекционного типа.....	8
4.3. Занятия семинарского типа.	15
4.3.2. Лабораторные работы.....	17
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.	18
4.5 Темы курсовой работы.....	20
4.6 Темы контрольных работ.	21
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.	23
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	23
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.	24
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	25
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.	25
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	26
10.1. Информационные технологии.	26
10.2. Программное обеспечение.	26
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	26
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	27
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	28
Приложение № 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	29

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
ПК-1 Способен использовать на практике знания о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучением	ПК-1.1 Знание фундаментальных химических законов, превращений и свойств органических веществ	Знать: основные закономерности протекания реакций ароматического электрофильного, нуклеофильного и радикального замещения, циклизации и конденсации, окислительно-восстановительных процессов (ЗН-1); Уметь: выбирать рациональные пути синтеза ароматических и гетероароматических соединений – полупродуктов для синтеза органических красителей, активных компонентов фармацевтических препаратов, пестицидов, кино- и фотоматериалов (У-1); Владеть: экспериментальными методами тонкого органического синтеза (Н-1).

¹ Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

² Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

³ Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
<p>ПК-5 Способность применять на практике физические и химические процессы, протекающие при получении продуктов тонкого органического синтеза и материалов на их основе</p>	<p>ПК-5.1 Знание основных свойств, способов производства и областей применения продуктов тонкого органического синтеза.</p>	<p>Знать: круг реагентов, используемых для проведения различных химических превращений ароматических и гетероароматических соединений, препаративные приемы органического синтеза; технологические способы проведения химических процессов, выбора оптимальных путей их осуществления; методы контроля реакций, способы выделения и очистки целевых продуктов; области практического применения продуктов тонкого органического синтеза. (ЗН-2);</p> <p>Уметь: практически осуществлять препаративные методы получения органических веществ; проводить качественный и количественный анализ органического соединения с использованием химических и физико-химических методов анализа (У-2);</p> <p>Владеть: методами определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений; методами контроля технологических процессов (Н-2).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Органическая химия» и «Теория химико-технологических процессов тонкого органического синтеза». Полученные в процессе изучения дисциплины «Химия и технология тонкого органического синтеза» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Химия и технология органических красителей», «Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза», «Применение продуктов тонкого органического синтеза», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	10/ 360
Контактная работа с преподавателем:	214
занятия лекционного типа	64
занятия семинарского типа, в т.ч.	128
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	48 (12)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	80 (40)
курсовое проектирование (КР или КП)	16
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	110
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	2 Кр
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	КР, Экзамен/36

* практическая подготовка только для дисциплин с ПК

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Механизм реакций электрофильного замещения в ароматических соединениях	4	4		16	ПК-1	ПК-1.1
2.	Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях	20	14	20	14	ПК-5	ПК-5.1
3.	Механизмы реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях	6	4		16	ПК-1	ПК-1.1
4.	Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях	22	14	20	14	ПК-5	ПК-5.1
5.	Реакции радикального замещения в ароматических соединениях	4			18	ПК-5	ПК-5.1
6.	Окислительно-восстановительные реакции ароматических соединений	4	6	20	16	ПК-1	ПК-1.1
7.	Реакции циклизации и конденсации	4	6	20	16	ПК-1	ПК-1.1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Механизм реакций электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Основные исходные ароматические субстраты тонкого органического синтеза. Общий механизм электрофильного замещения. Строение и свойства промежуточных π- и σ-комплексов. Активность и селективность электрофильных агентов. Стерические эффекты в реакциях электрофильного замещения и соотношение изомеров в продуктах реакции. Рассмотрение факторов, влияющих на скорость реакции и строение образующихся продуктов. Правила ориентации в моно- и полизамещенных бензолах и нафталинах</p>	4	лекция-визуализация
2	<p><u>Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции сульфирования.</u> Назначение реакции и ее место в практике. Сульфирующие реагенты и механизмы сульфирования. Влияние условий реакции на соотношение изомерных продуктов. Концентрация отработанной серной кислоты (π-сульфирования). Побочные процессы при сульфировании и пути их подавления.</p> <p>Практика сульфирования. Контроль процесса сульфирования, способы выделения и очистки арилсульфокислот. Анализ и идентификация продуктов сульфирования.</p> <p>Химия и технология сульфирования бензола и его замещенных. Сульфирование ароматических аминов методом запекания.</p> <p>Химическая схема сульфирования нафталина. Особенности замещения в нафталине, соотношение изомеров в зависимости от условий реакции. Основные нафталинсульфокислоты и их применение в практике. Сульфирование 1- и 2-нафтолов.</p> <p>Особенности сульфирования антрахинона, катализ солями ртути. Производство антрахинондисульфокислот, разделение изомеров. Сульфирование amino- и гидроксидантрахинонов.</p> <p>Меры предосторожности при проведении сульфирования. Методы анализа ароматических сульфокислот</p>	5	лекция – пресс-конференция

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><u>Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции нитрования и нитрозирования.</u> Значение нитрования в практике. Нитрующие агенты. Механизм нитрования концентрированной азотной кислотой, смесями азотной и серной кислот. Особенности механизма нитрования разбавленной азотной кислотой и ацетилнитратом.</p> <p>Практика проведения нитрования. Принципиальное устройство нитратора. Методы контроля производства и меры по технике безопасности. Способы выделения и очистки нитросоединений.</p> <p>Технологические схемы получения нитробензола и его замещённых. Нитрование ароматических аминов, эфиров гидрохинона, нафталина и его сульфокислот, антрахинона и его производных. Методы выделения продуктов и разделения изомеров.</p> <p>Нитрозирование фенолов, нафтолов, третичных ароматических аминов. Механизм реакции. Меры предосторожности при проведении реакций нитрования и нитрозирования. Методы анализа нитро- и нитрозо-соединений.</p>	5	лекция – пресс-конференция
2	<p><u>Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции галогенирования.</u> Цель и значение хлорирования и бромирования ароматических соединений. Соотношение скоростей реакций галогенирования в ядро и боковую группу. Хлорирующие и бромирующие агенты, катализаторы галогенирования в ароматическое ядро. Механизмы реакций.</p> <p>Технология производства хлорбензола непрерывным методом. Применение полихлорзамещённых бензола. Окислительное хлорирование бензола. Практика хлорирования толуола, фенолов, аминов, нафталина, фталевого ангидрида, антрахинона.</p> <p>Процессы бромирования, их особенности. Производство бромизатина, бромбензантрона. Промышленное бромирование производных антрахинона. Методы введения фтора в ароматическое кольцо, реакция Шимана. Методы иодирования ароматических соединений. Техника безопасности при проведении галогенирования. Методы анализа галогенсодержащих соединений.</p>	5	лекция – пресс-конференция

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><u>Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции введения углеродсодержащих групп в ароматическое кольцо.</u> Механизм алкилирования в ароматическое ядро. Алкилирующие агенты и роль катализаторов. Побочные процессы, разделение продуктов реакции. Промышленное получение этилбензола, изопропилбензола. Альдегиды и кетоны, как алкилирующие реагенты. Синтез ди- и триарилметановых производных. Реакция хлорметилирования бензола, нафталина. Реакция Манниха. Введение винильной и ацетиленовой групп. Катализ металлами. Реакции кросс-сочетания. Взаимодействие ароматических соединений с производными карбоновых кислот. Катализаторы реакции.</p> <p>Методы введения альдегидной группы: реакции Вильсмайера, Гаттермана, Гаттермана-Коха, Реймера-Тимана. Карбонизация гидроксизамещенных и ее механизм. Влияние природы щелочного металла и температурного режима на строение продуктов реакции. Технология производства салициловой, <i>n</i>-аминосалициловой и изомерных гидроксинафтойных кислот. Методы анализа ароматических кислот и альдегидов.</p>	5	лекция – пресс-конференция
3	<p><u>Механизмы реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Общие закономерности реакций ароматического нуклеофильного замещения. Особенности механизма S_N1 для ароматических соединений. Асинхронный характер механизма S_N2 в ароматическом ряду. Ряд активности галогензамещенных, влияние природы уходящей группы на скорость активированного нуклеофильного замещения. Строение σ-комплексов при S_N2-механизме. Влияние заместителей (их природы, положения, числа заместителей), пространственных факторов на скорость замещения. Ариновый механизм. Доказательство образования промежуточного арина. Влияние заместителей на соотношение изомерных продуктов реакции. Условия, благоприятствующие нуклеофильному замещению по ариновому механизму. Источники аринов.</p>	6	лекция-визуализация

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции замещения нитрогруппы.</u> Механизм реакции замещения нитрогруппы в активированных ароматических соединениях. Влияние электронной природы заместителей на направление реакции нуклеофильного замещения. 4-Нитрофталонитрил как исходный полупродукт в реакциях замещения. Взаимодействие с N-, O-, S-нуклеофилами. Влияние условий проведения реакции замещения при взаимодействии с бинуклеофилами. 4-Нитронафталевый ангидрид – исходный полупродукт синтеза люминофоров. Методы контроля реакции замещения нитрогруппы.</p>	2	лекция – пресс-конференция
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции замещения сульфогрупп.</u> Реакция щелочного плавления и ее механизм. Промышленные способы реализации процессов введения гидроксигруппы. Возможные побочные реакции. Аппаратурное оформление, контроль реакции, методы выделения, очистки и анализа гидроксисоединений.</p> <p>Технология производства фенола, 2-нафтола. Процессы рецикла сульфита натрия и сернистого газа на стадиях сульфирования и щелочного плавления. Производство Аш-кислоты, амино-Ц-кислоты, гамма-кислоты. Проведение щелочного плавления в антрахиноновом ряду. Производство ализарина, 1,5-дигидроксиантрахинона. Механизм образования ализарина. Получение 1-аминоантрахинона.</p> <p>Замещение сульфогруппы на другие нуклеофильные группировки (-CN, Hal, -NHAr). Условия проведения реакций. Строение субстрата.</p> <p>Меры предосторожности при проведении щелочного плавления. Методы анализа фенолов.</p>	6	лекция – пресс-конференция

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях</u></p> <p><u>Реакции замещения галогенов.</u> Различия в подвижности галогена в ароматическом ядре и боковой цепи. Получение фенола из хлорбензола. Механизм реакции, побочные продукты и пути их образования. Промышленный синтез нитрофенолов, нитроанизолов, нитрофенетолов. Оптимальные условия проведения реакций.</p> <p>Замещение хлора азотсодержащими группами. Влияние катализатора на подвижность хлора в ароматическом ядре. Получение анилина из хлорбензола. Производство п- и о-нитроанилинов, 2,4-динитроанилина. Обмен хлора на ариламиногруппу в 4-нитрохлорбензол-2-сульфокислоте, хлораниле, 4-галогенфталодинитриле. Нуклеофильное замещение брома в антрахиноновом ряду на amino- и ариламиногруппы. Преимущество амидов в качестве аминирующих агентов по сравнению с аммиаком.</p> <p>Замещение хлора на серусодержащие группы в о- и п-нитрохлор-бензолах, 2,4- динитробензоле. Обмен хлора в боковой цепи. Производство бензальдегида, хлористого бензоила, бензилового спирта и их замещенных.</p> <p>Меры по технике безопасности при проведении реакций замещения галогенов. Методы контроля реакции замещения галогенов.</p>	6	лекция – пресс-конференция
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Взаимные переходы в ряду amino- и гидроксисоединений.</u> Механизм реакции. Промышленный синтез флороглюцина, 1-нафтола, хромотроповой кислоты. Реакция Бухерера. Границы применимости реакции Бухерера. Схемы получения 1-нафтол-4-сульфокислоты, 2-нафтиламин-1-сульфокислоты, И-кислоты, гамма-кислоты. Взаимные переходы amino- и гидроксипроизводных в антрахиноновом ряду. Реакции араминирования аминов и гидроксисоединений. Араминирование в присутствии солей сернистой кислоты. Производство фенил-2-нафтиламина, дифениламина. Араминирование И-кислоты, гамма-кислоты, перикислоты. Методы контроля реакции.</p>	4	лекция – пресс-конференция

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции замещения атома водорода.</u> Общие закономерности нуклеофильного замещения водорода. Введение аминогруппы при действии гидросиламина. Взаимодействие хинонов и их производных с нуклеофильными реагентами. Промышленный синтез 1-амино-2-нафтол-4-сульфокислоты. Реакция нитросоединений с солями сернистой кислоты. Работы академиков Чупахина и Чарушина в области нуклеофильного замещения водорода. Реакция Чичибабина. Методы контроля реакции замещения водорода.</p>	2	лекция – пресс-конференция
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p><u>Реакции замещения диазосоединений.</u> Нуклеофильное замещение диазогруппы с выделением молекулярного азота. Реакция Зандмайера. Введение атомов фтора и йода в ароматические соединения. Катализ солями меди в реакции Зандмаера. Введение нитро- и серусодержащих групп. Применение ароматических диазосоединений в качестве источников арильных радикалов. Стабильные формы солей диазония. Алифатические диазосоединения. Методы обнаружения свободных радикалов.</p>	2	лекция – пресс-конференция
5	<p><u>Реакции радикального замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Особенности реакций и их значение в практике. Производство моно- и дихлорантрахинонов из антрахинонсульфокислот. Радикальное замещение нитрогруппы на хлор. Синтез <i>m</i>-дихлорбензола из <i>m</i>-нитрохлорбензола. Применение ароматических диазосоединений в качестве источников арильных радикалов. Синтез производных дифенила, динафтилдикарбоновой кислоты. Методы образования новых циклических систем (производных карбазола, флуорена, флуоренона). Пероксид бензоила как арилирующий агент. Превращения хлорнитроариллов в присутствии меди.</p>	4	лекция-визуализация

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
6	<p data-bbox="400 271 1098 338"><u>Окислительно-восстановительные реакции ароматических соединений.</u></p> <p data-bbox="400 376 1098 965">Классификация реакций восстановления и их механизмы. Восстановление нитросоединений железом в присутствии электролитов. Восстановление нитрогруппы металлами в кислой и щелочной средах. Производство гидразосоединений, фенилгидроксиламина. Частичное восстановление полинитросоединений сернистыми щелочами. Каталитическое восстановление ароматических нитросоединений, его преимущества. Парофазное и жидкофазное гидрирование. Технология производства анилина, толуидинов, м-нитроанилина, м-фенилендиамина, 1-нафтиламина и его сульфокислот. Методы восстановления diazosоединений в арилгидразины. Производство фенилгидразина и его производных. Токсические свойства аминов и меры безопасности при работе с ними. Способы восстановления хинонов. Схема ступенчатого восстановления антрахинона. Восстановление сульфокислот до сульфиновых кислот и тиофенолов.</p> <p data-bbox="400 972 1098 1420">Типичные окислительные процессы и используемые окислители. Методы получения альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Особенности окисления алкильных групп в присутствие аминогрупп. Каталитическое окисление кислородом воздуха. Производство бензойной кислоты её замещенных. Кумольный метод получения фенола и его преимущества. Технология производства динитростильбендисульфокислоты, карбоновых кислот антрахинонового ряда. Технологическая схема получения фталевого ангидрида из о-ксилола. Производство аценафтенхинона, особенности реакции. Методы синтеза хинонов. Получение антрахинона, фенантренхинона. Синтез бензохинона из анилина.</p> <p data-bbox="400 1426 1098 1561">Процессы окисления с деструкцией ароматического кольца. Производство нафталевой кислоты, 5,8-нафталинтетракарбоновой и 1-антрахинонкарбоновой кислот.</p> <p data-bbox="400 1568 1098 1740">Окисление серусодержащих групп. Общая схема окисления тиофенолов. Синтез дитиопроизводных, диарилсульфидов, диарилсульфонов, сульфиновых кислот. Выбор окислителя и условий реакции. Методы контроля окислительно-восстановительных реакций.</p>	4	лекция- визуализация

№ раздела дисциплин	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	<p><u>Реакции циклизации и конденсации.</u></p> <p>Методы образования новых углеродсодержащих циклов. Внутримолекулярное ацилирование и получение производных антрахинона, антрона. Катализаторы и условия проведения процессов. Значение реакций в практике. Производство бензантрона из антрахинона и бензоилнафталина. Реакции циклизации, сопровождающиеся дегидрированием и их особенности. Получение антрахинона и его производных диеновым синтезом. Возможности синтеза 1-нафтола и других важных полупродуктов реакцией циклоприсоединения.</p> <p>Образование гетероколец, содержащих атомы кислорода, азота, серы. Синтез индоксила, тиоиндоксила. Замыкание пиридинового, пиразольного, тиазольного, пиранового циклов на примере получения промежуточных продуктов, используемых в производстве красителей.</p> <p>Методы контроля реакций циклизации и конденсации.</p>	4	лекция-визуализация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	<p><u>Механизм реакций электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Рассмотрение влияния электронной природы заместителя и его положения на реакционную способность субстрата.</p>	4		КрСт, Ф, МШ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	<p><u>Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Методы сульфирования и выделения ароматических сульфокислот. Решение расчетных задач по сульфированию. Нитрование ароматических соединений. Контроль реакции, методы выделения и разделения изомеров. Решение задач по расчету нитрующих смесей. Хлорирование и бромирование. Примеры синтезов. Технология получения производных антрахинона из фталевого ангидрида. Решение синтетических задач по реакциям электрофильного замещения.</p>	14	6	КрСт, Ф, МШ
3	<p><u>Механизмы реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Разнообразие реакций нуклеофильного замещения в ароматических и гетероароматических соединениях. Радикально-нуклеофильное замещение по механизму $S_{RN}1$. ANRORC механизм замещения в гетероциклических системах.</p>	4		КрСт, Ф, МШ
4	<p><u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u></p> <p>Процессы щелочного плавления ароматических сульфокислот. Решение синтетических задач по синтезу фенолов и нафтолов. Аминирование и араминирование путем замещения галогена. Катализ металлами. Замещение галогена на кислородсодержащие группировки. Основной и межфазный катализ. Взаимные превращения amino-и гидроксипроизводных. Решение задач по синтезу соединений заданного строения с использованием реакций электрофильного и нуклеофильного замещения. Рациональный выбор схемы синтеза. Основные критерии выбора: число промежуточных стадий, образование изомеров и возможность их разделения, качество конечного продукта, влияние условий проведения отдельных стадий, доступность и стоимость исходных продуктовотходы производства и сточные воды.</p>	14	6	КрСт, Ф, МШ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
6	<u>Окислительно-восстановительные реакции ароматических соединений.</u> Реакции окисления и восстановления серосодержащих соединений. Выбор окислителя в синтезах спиртов, альдегидов, карбоновых кислот. Восстановление и окисление ароматических колец.	6		КрСт, Ф, МШ
7	<u>Реакции циклизации и конденсации.</u> Методы образования новых углеродсодержащих ароматических колец. Методы синтеза гетероциклических соединений. Синтез Скраупа. Реактив Гриньяра. Реакции Кневенагеля, Перкина, альдольная конденсация.	6		КрСт, Ф, МШ

4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	<u>Основные реакции электрофильного замещения в ароматических соединениях.</u> Подготовка и сдача коллоквиума. Выполнение одной синтетической задачи по реакциям сульфирования, нитрования, нитрозирования, ацилирования, роданирования. Подготовка отчета.	20	10	
4	<u>Основные реакции нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</u> Подготовка и сдача коллоквиума. Выполнение одной синтетической задачи по реакциям нуклеофильного замещения атома галогена или нитрогруппы на N- или O-нуклеофилы. Реакции тозилирования. Подготовка отчета.	20	10	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
6	<u>Окислительно-восстановительные реакции ароматических соединений.</u> Подготовка и сдача коллоквиума. Выполнение одной синтетической задачи по реакциям окисления метильных и метиленовых групп, реакций окисления с разрушением ароматического кольца, восстановления нитрогрупп. Подготовка отчета.	20	10	
7	<u>Реакции циклизации и конденсации.</u> Подготовка и сдача коллоквиума. Выполнение одной синтетической задачи по реакциям циклизации (синтез производных антрахинона), конденсации (синтез оптических отбеливателей – производных стирола, синтез оксимов и нитрилов). Подготовка отчета.	20	10	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Процессы переработки угля, нефти и газа – как источник бензола, нафталина и другого основного ароматического сырья. Пи-комплексы. Энергетический барьер реакции электрофильного замещения. Лимитирующая стадия. Кинетический изотопный эффект. Методы регистрации короткоживущих промежуточных сигма-комплексов. Влияние атакующей частицы на выход и селективность реакции электрофильного замещения.	14	Устный опрос №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	<p>Выбор оптимальных условий сульфирования. Соотношение скоростей реакций сульфирования и десульфирования. Преимущества сульфирования первичных ароматических аминов методом запекания. Свойства сульфокислот и методы их идентификации.</p> <p>Нитрующие агенты. Зависимость состава продуктов нитрования от условий реакции. Особенности ориентации при нитровании. Особенности процессов нитрования ароматических аминов. Методы разделения изомеров и анализ нитропродуктов.</p> <p>Хлорирующие реагенты и выбор условий реакции. Методы хлорирования ароматических аминов. Хлорирование в боковую цепь. Идентификация и области применения продуктов реакций галогенирования.</p> <p>Сходства и различия реакций алкилирования и ацилирования в ароматическое ядро. Реакции ароматических соединений с альдегидами и кетонами в кислых средах. Методы получения ароматических альдегидов.</p>	18	Контрольная работа №1
3	<p>Механизмы реакций нуклеофильного замещения. Комплекс Мейзенгеймера. Особенности реакции бимолекулярного нуклеофильного ароматического замещения. Реакции мономолекулярного ароматического замещения. Ариновый механизм (кине-замещение). Методы генерации аринов. Доказательства протекания нуклеофильного замещения по ариновому механизму. Ловушки аринов. Продукты реакции диенового синтеза с участием аринов.</p>	14	Устный опрос №2
4	<p>Нуклеофильное замещение галогена на amino-, алкиламино- и ариламиногруппы. Каталитический и некаталитический пути. Влияние уходящей группы. Катализ основаниями. Межфазный катализ.</p> <p>Применение реакций ароматического нуклеофильного замещения в синтезе фенолов, нафтолов и их простых эфиров.</p> <p>Методы синтеза amino- и ариламино-замещенных нафталинового ряда.</p> <p>Реакции нуклеофильного замещения нитрогруппы в синтезе замещенных фталонитрилов. Нуклеофильное замещение галогена на серосодержащие нуклеофилы. Нуклеофильное замещение водорода.</p>	20	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	Механизм реакции радикального замещения. Свободные радикалы. Источники свободных радикалов. Методы генерации. Влияние заместителей на реакцию свободнорадикального замещения. Влияние полярных факторов. Методы обнаружения свободных радикалов. Радикальное хлорирование в ароматическое кольцо. Хлорирование в боковую цепь. Свободнорадикальное бромирование. Реакции арилирования ароматических соединений. Реакция Гомберга. Реакция Ульмана. Катализ медью. Радикальное получение гидроксисоединений. Радикальное получение аминов. Получение 1-хлорантрахинона.	20	Устный опрос №3
6	Механизмы реакций восстановления. Выбор восстановителя. Восстановление серосодержащих групп. Восстановление углерод-углеродных связей. Гидрирование ароматических колец. Восстановление карбонильных соединений. Выбор восстановителя, условий проведения реакции при восстановлении нитросоединений. Окисление серосодержащих соединений. Окисление ароматических колец. Технология получения фталевого, малеинового ангидридов и антрахинона. Реакции автоокисления, катализаторы автоокисления. Получение кетонов и хинонов.	18	Устный опрос №4
7	Реакции внутримолекулярного ацилирования в производстве производных антрахинона, антантрона, акридона, ксантона, тиоксантона, индоксила, оксигионафтена. Синтезы азолов. Циклизация гидразинов в синтезе пиразола и его производных. Синтез индолов по Фишеру. Синтез тетрагидрокарбазолов. Синтез хинолинов по Краупу. Синтез бензантрона и его гетероциклических аналогов. Реакции циклизации, сопровождающиеся дегидрированием. Реакция Дильса-Альдера (диеновый синтез). Реакция Эльбса.	18	Устный опрос №5

4.5 Темы курсовой работы

- 1 Современные методы синтеза ароматических альдегидов. Области применения.
- 2 Промышленные способы получения фенола.
- 3 Общие закономерности реакции ароматического электрофильного замещения. На примере конкретных химических реакций.
- 4 Общие закономерности реакции ароматического нуклеофильного замещения. На примере конкретных химических реакций.
- 5 Современные промышленные методы восстановления ароматических соединений.
- 6 Реакция алкилирования ароматических аминов и ее применение в практике.
- 7 Реакция ацилирования ароматических аминов и ее применение в практике.
- 8 Реакции алкилирования и ацилирования ароматических гидроксисоединений и ее применение в практике.
- 9 Пути использования толуола в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
- 10 Нафталин. Получение, свойства, применение.
- 11 Методы синтеза фталодинитрила и его производных.

- 12 Производные нафталевой кислоты. Синтез, свойства, применение.
- 13 Пути синтеза ароматических аминов.
- 14 Строение и методы синтеза гетероциклов. На примере конкретных химических реакций.
- 15 Процессы сульфирования ароматических соединений, механизмы реакции, применение в технике. На примере конкретных химических реакций.
- 16 Реакции окисления в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
- 17 Реакции восстановления в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
- 18 Реакции циклизации в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
- 19 Промышленные методы получения ароматических нитросоединений. На примере конкретных химических реакций.
- 20 Реакция Бухерера, механизм и применение на практике.
- 21 Синтез 4-замещенных фталонитрилов
- 22 Синтез 3-замещенных фталонитрилов
- 23 Синтез орто-гидроксифенилтетразолов
- 24 Синтез мета-гидроксифенилтетразолов
- 25 Синтез пара-гидроксифенилтетразолов

4.6 Темы контрольных работ.

4.6.1 Темы контрольной работы №1.

Темами контрольной работы №1 являются реакции электрофильного замещения. В задании приводятся два теоретических вопроса (по конкретным реакциям электрофильного замещения) и одна задача на разработку схемы синтеза соединения с применением реакций электрофильного замещения.

Пример вариантов контрольной работы №1:

Вариант 1

1. Для получения бензолдисульфокислоты 78 кг бензола сульфатируют при 40⁰С сначала 250 кг 20%-ного олеума, а затем 200 кг 65%-ного олеума с повышением температуры до 75⁰С. Определите остаточную концентрацию сульфатирующего агента после первого и второго этапов реакции.
2. Сходства и различия реакций нитрования и сульфирования.
3. Синтезируйте изомерные 1- и 2-антрохинонсульфокислоты. Особенности проведения реакций.

Вариант 2

1. Примеры методов выделения сульфокислот из реакционной массы.
2. Нитрование толуола до моонитрозамещенных, разделение изомеров, области их применения в практике.
3. Из бензола синтезируйте 4-аминофенол-3-сульфокислоту.

Вариант 3

1. Определите остаточную концентрацию олеума при сульфировании 100 кг п-нитрохлорбензола 280 кг 25%-ного олеума. Сколько необходимо использовать в тех же целях 20%-ного олеума?

2. Напишите и расположите в ряд активности различные сульфлирующие реагенты. Дайте пояснения.

3. Напишите постадийную химическую схему нитрования 1-хлорнафталина.

Вариант 4

1. Специфика бромирования. Применение этой реакции в практике.

2. Из бензола получите 3-хлор-6-нитроанилин.

3. Влияние защитных групп на направление и селективность реакций нитрования и сульфирования.

4.6.2 Темы контрольной работы №2.

Темами контрольной работы №2 являются реакции нуклеофильного замещения. В задании приводятся два теоретических вопроса (по конкретным реакциям нуклеофильного замещения) и одна задача на разработку схемы синтеза соединения с применением реакций электрофильного и нуклеофильного замещения.

Пример вариантов контрольной работы №2:

Вариант 1

1. Опишите механизм реакции щелочного плавления сульфокислот.

2. Какими реакциями были получены из *p*-нитрохлорбензола: *p*-нитроанилин, *p*-нитрофенол, *p*-анизидин, *p*-хлоранилин?

3. Какой из галогенов в указанных соединениях легче подвержен нуклеофильному замещению и почему: *n*-хлорбензилхлорид, 2,5-дихлорнитробензол, 4-трифтор-метил-1-хлорбензол, 2,5-дихлоранилин, 3-фтор-4-три-фторметил-1-хлорбензол, 3-фтор-5-иоднитробензол?

Вариант 2

1. Проиллюстрируйте на примерах и объясните влияние заместителей в ароматическом ядре на подвижность сульфогруппы при щелочном плавлении арилсульфокислот.

2. Приведите несколько примеров реакций нуклеофильного замещения хлора, применяемые в практике. Для одного из примеров представьте полную схему механизма реакции.

3. Какое из соединений: (2-нафтол-1-сульфокислоту, 1-нафтол-2-сульфокислоту, 1,8-аминонафтол-3,6-дисульфокислоту, 1-нафтол-4-сульфокислоту, 4,6-дигидроксинафталин-1-сульфокислоту, 2-нафтол-4-сульфокислоту, нафтионовую кислоту) можно успешно ввести в реакцию Бухерера и почему? Есть ли возможность в оставшихся соединениях провести нуклеофильное замещение amino или гидроксигруппы?

Вариант 3

1. Проиллюстрируйте на примерах и объясните влияние заместителей в ароматическом ядре на подвижность нуклеофуга в реакциях замещения.

2. Ариновый механизм реакции нуклеофильного замещения.

3. Из бензола получите 2-метокси-5-хлоранилин.

Вариант 4

1. Факторы, влияющие на протекание реакции ароматического нуклеофильного замещения по механизму S_NAr .

2. 2-Хлор-6-нитропиридин, 2-хлорпиридин, 2-хлорпиримидин и 2-хлор симм. триазин реагируют с анилином и тиофенолят-ионом. Расположите указанные соединения в ряд по возрастанию их скорости взаимодействия. В каком случае отношение скоростей этих двух реакций будет наименьшим?

3. Из толуола получите 4-хлор-2-аминотолуол-5-сульфокислоту.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты курсовой работы и экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Экзаменационный билет № 1
1. Методы нитрования и нитрующие агенты. Генерация нитрующего агента
2. Реакции diaзосоединений без выделения молекулы азота.
3. Схема синтеза п-толуолсульфамида

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно»⁴.

⁴ Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1 Рамш, С. М. Методы изучения механизмов реакций тонкого органического синтеза. Текст лекций : Учебное пособие / С. М. Рамш, А. В. Зиминов, Е. С. Храброва ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. - 150 с.

2 Рамш, С. М. Механизмы реакций тонкого органического синтеза в вопросах и ответах : учебное пособие / С. М. Рамш, А. В. Зиминов, Е. С. Храброва ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2018. - 112 с.

3 Рамш, С. М. Лабораторный практикум по химии и технологии промежуточных продуктов: учебное пособие / С. М. Рамш, Е. С. Храброва, С. Ю. Соловьева ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. - 80 с.

б) электронные учебные издания⁵:

1 Введение в химию и технологию тонкого органического синтеза : Учебное пособие / А. В. Зиминов, С. В. Ворона, Л. В. Мызников, С. М. Рамш ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2021. - 121 с. : цв. ил. - // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 23.03.2021). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

2 Смит, В. А. Основы современного органического синтеза : учебное пособие для вузов по спец. ВПО 020101.65 - химия / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - 5-е изд., электронное. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 753 с. : ил. : текст. . - (Учебник для высшей школы). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-00101-761-5 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.02.2020). - Режим доступа: по подписке.

3 Химическая технология лекарственных веществ. Основные процессы химического синтеза биологически активных веществ : Учебное пособие / А. А. Иозеп, Б. В. Пассет, В. Я. Самаренко, О. Б. Щенникова. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. - 356 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2037-7 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 18.12.2019). - Режим доступа: по подписке.

4 Химическая технология фармацевтических субстанций : Учебное пособие / А. А. Иозеп, Б. В. Пассет, В. Я Самаренко, О. Б. Щенникова. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 384 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2164-0 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

⁵ В т.ч. и методические пособия

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

Сайт фундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ):

<http://bibl.lti-gti.ru>

Специализированные системы и сайты для поиска научной информации по химии и химической технологии тонкого органического синтеза:

<http://www.sciencedirect.com>

<http://www.scopus.com/home.url>

<https://www.reaxys.com/reaxys/secured/start.do>

<http://www.webofknowledge.com/>

<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

<http://www.springerlink.com/>

<http://www.rsc.org/>

<https://www.taylorfrancis.com/>

<https://www.ccdc.cam.ac.uk/>

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html>

<http://onlinelibrary.wiley.com/?CRETRY=1&SRETRY=0>

<http://rushim.ru/books/books.htm>

<http://www.chemport.ru/index.php?cid=29>

<https://www.libnauka.ru/>

<https://yandex.ru/patents>

<https://scholar.google.ru/>

<http://www.physchembio.ru/>

<https://www.pesticidy.ru/>

<http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0034/default.shtm>

https://www.rlsnet.ru/mnn_alf.htm

https://go.drugbank.com/structures/search/small_molecule_drugs/structure

http://www.chimfak.sfedu.ru/images/files/Organic_Chemistry/index.htm

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/aromat/welcome.html#1>

<https://studfile.net/preview/2066190/>

<https://www.worldscientific.com/worldscinet/jpp>

<https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/VirtTxtJml/intro1.htm>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Химия и технология тонкого органического синтеза» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТО:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 047-2008 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения студентов безопасности труда при проведении учебных лабораторных работ.

СТО СПбГТИ (ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

СТО СПбГТИ (ТУ) 044-2012. Стандарт организации. Комплексная система управления качеством деятельности вуза. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

СТП СПбГТИ (ТУ) 006-2009. Стандарт предприятия. Комплексная система управления качеством деятельности вуза. Подготовка и оформление авторских текстовых оригиналов для издания.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение⁶.

Стандартные программные продукты «Microsoft Office».

Компьютерная молекулярная графика: бесплатно распространяемые (no fee, free, trial versions) на соответствующих сайтах (см. ниже) пакеты программ «ACD/Labs» («ACD/ChemSketch»), «MDL/ISIS» / «Symyx» / «Accelrys» / «BIOVIA» / Dassault Systèmes («ISIS Draw» и более поздние версии этого продукта – «Symyx Draw», «Accelrys Draw», «BIOVIA Draw»), «ChemOffice» («ChemDraw») и т. п. – от разработчиков программных продуктов по химии.

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс» <http://www.consultant.ru/>

База данных REAXYS. <https://www.reaxys.com>

База данных международных индексов научного цитирования Scopus. <https://www.scopus.com/home.uri>

⁶ В разделе отображаются комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для обеспечения дисциплины

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы⁷.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники. Перечень учебных помещений и их оборудования.

Адрес	Наименование оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий	Оснащенность оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра ХТОКиФС, аудитория (помещение №6)	Специализированная мебель (56 посадочных мест), доска меловая/маркерная, мультимедийный проектор с экраном, ноутбук.
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра ХТОКиФС, компьютерный класс (помещение №5)	Специализированная мебель (компьютерные столы, 15 рабочих мест), персональные компьютеры, 15 шт., с кабельным подключением к сети Интернет
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра ХТОКиФС, учебная лаборатория (помещение № 29)	Специализированная мебель (лабораторные столы, вытяжные шкафы, 14 рабочих мест), насосы вакуумные мембранные, насосы вакуумные водоструйные, дистиллятор, шкафы сушильные (вакуумные), электронные весы, мешалки магнитные, устройства перемешивающие электромеханические, лабораторная химическая посуда, термометры, установка для перегонки с водяным паром, электрообогревающие устройства, оборудование для тонкослойной хроматографии, хроматоскоп, рН-метр.
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра ХТОКиФС, лаборатория спектральных методов исследований (помещения №№3, 4)	УФ-Вид спектрофотометры, ИК спектрофотометр
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра ХТОКиФС, помещение для самостоятельной работы студентов (помещение №1)	Специализированная мебель (12 посадочных мест), доска меловая, демонстрационный экран

⁷ В разделе отображается состав помещений, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой по дисциплине, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Для проведения лабораторных занятий используется лабораторный класс, оборудованный необходимым лабораторным оборудованием.

Наименование и марка оборудования	Назначение и краткая характеристика оборудования
Спектрофотометр СФ-26	Измерение коэффициента пропускания (оптической плотности) жидких и твердых веществ в области от 186 нм до 1100 нм
Спектрофотометр СФ-46	Измерение коэффициента пропускания (оптической плотности) жидких и твердых веществ в области от 186 нм до 1100 нм
Спектрофотометр СФ-2000	Измерение спектров поглощения, 200-900 нм
ИК спектрофотометр ФСМ 2202	Измерение колебательных (инфракрасных) спектров поглощения растворов и твердых образцов
рН-метр 410	Определение рН жидких сред
Насос вакуумный мембранный ME LCNT	Вакуумирование для фильтрации жидкостей
Ротационный испаритель RV-06-ML	Концентрирование растворов при пониженном давлении
Дистиллятор ДЭ-10	Получение дистиллированной воды
Шкаф сушильный СНОЛ 67/350	Сушка веществ при заданной температуре
Шкаф сушильный вакуумный. SPT 200	Сушка веществ при заданной температуре
Электронные весы: ВЛ-210, ВЛТЭ-500, Е-410, ЕТ-600П-Е	Взвешивание
Мешалка магнитная ПЭ-6110	Проведение синтеза с небольшим количеством веществ
Хроматограф ЛХМ-8МД	Хроматографический анализ
Вакуумный пост	Получение глубокого вакуума
Проектор BENQMP 620 P	Презентация иллюстративных материалов
Ноутбук RB Explorer E 410 L	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.
Ноутбук Packard Bell DT85CT015RU/34	
Ноутбук Asus F3TL52/1024/120	
Компьютеры PC, 15 шт.	

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Химия и технология тонкого органического синтеза»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание ⁸	Этап формирования ⁹
ПК-1	Способен использовать на практике знания о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучением	промежуточный
ПК-5	Способность применять на практике физические и химические процессы, протекающие при получении продуктов тонкого органического синтеза и материалов на их основе	промежуточный

⁸ **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

⁹ Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.1 Знание фундаментальных химических законов, превращений и свойств органических веществ	Знает основные закономерности протекания реакций ароматического электрофильного, нуклеофильного и радикального замещения, циклизации и конденсации, окислительно-восстановительных процессов (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-24 к экзамену	Знает, но отвечает с ошибками об основных механизмах реакций электрофильного, нуклеофильного и радикального замещения в ароматическом ряду	Знает механизмы реакций электрофильного, нуклеофильного и радикального замещения в ароматическом ряду, но отвечает с наводящими вопросами	Правильно, без ошибок, рассказывает о механизмах реакций электрофильного, нуклеофильного и радикального замещения в ароматическом ряду, отвечает на дополнительные вопросы
	Умеет выбирать рациональные пути синтеза ароматических и гетероароматических соединений – полупродуктов для синтеза органических красителей, активных компонентов фармацевтических препаратов, пестицидов, кино- и фотоматериалов (У-1)	Правильные ответы на вопросы №1-24 к экзамену, решение синтетической задачи	Имеет представление о разработке рациональной схемы синтеза ароматических и гетероароматических соединений, решает синтетические задачи с ошибками	Разрабатывает схемы синтеза ароматических и гетероароматических соединений, решает синтетические задачи с небольшими ошибками	Разрабатывает несколько схем синтеза ароматических и гетероароматических соединений и выбирает оптимальные (рациональные) самостоятельно с обоснованием, решает синтетические задачи с без ошибок

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Выполняет задания по экспериментальным методам тонкого органического синтеза (Н-1).	Правильные ответы на вопросы №1-24 к экзамену, решение синтетической задачи, выполнение курсовой работы	Имеет слабые навыки в разработке схемы и осуществления синтеза ароматических и гетероароматических соединений, с ошибками оформляет отчеты о научно-исследовательской работе	Имеет навыки в разработке схемы и осуществления синтеза ароматических и гетероароматических соединений, допуская 1-2 ошибки, оформляет отчеты о научно-исследовательской работе с незначительными замечаниями по оформлению	Демонстрирует уверенные навыки в разработке схемы и осуществления синтеза ароматических и гетероароматических соединений, оформляет отчеты о научно-исследовательской работе без замечаний в соответствии с требованиями ГОСТ

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.1 Знание основных свойств, способов производства и областей применения продуктов тонкого органического синтеза.	Знает круг реагентов, используемых для проведения различных химических превращений ароматических и гетероароматических соединений, препаративные приемы органического синтеза; технологические способы проведения химических процессов, выбора оптимальных путей их осуществления; методы контроля реакций, способы выделения и очистки целевых продуктов; области практического применения продуктов тонкого органического синтеза. (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы №25-50 к экзамену, решение синтетической задачи	Знает, но отвечает с ошибками об основных препаративных приемах тонкого органического синтеза, технологий производства продуктов тонкого органического синтеза, выборе путей их синтеза, решает синтетические задачи с ошибками.	Знает об основных препаративных приемах тонкого органического синтеза, технологий производства продуктов тонкого органического синтеза, выборе путей их синтеза, решает синтетические задачи. Отвечает на теоретический вопрос и решает задачи с 1-2 незначительными ошибками	Уверенно показывает знания о препаративных приемах тонкого органического синтеза, технологий производства продуктов тонкого органического синтеза, выборе путей их синтеза, решает синтетические задачи без ошибок.
	Умеет практически осуществлять препаративные методы получения органических веществ; проводить качественный и количественный анализ органического соединения с использованием химических и физико-химических методов анализа (У-2);	Правильные ответы на вопросы №25-57 к экзамену, выполнение курсовой работы	Имеет слабое представление о препаративных методах получения ароматических и гетероароматических соединений, проводит качественный и количественный анализ полученных соединений с 1-2 грубыми ошибками,	Имеет представление об основных препаративных методах получения ароматических и гетероароматических соединений, проводит качественный и количественный анализ полученных соединений с 1-2 незначительными ошибками, умеет интерпретировать	Имеет представление обо всех основных препаративных методах получения ароматических и гетероароматических соединений, проводит качественный и количественный анализ полученных соединений без ошибок, грамотно

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			интерпретацию полученных результатов проводит с грубыми ошибками	полученные результаты	интерпретирует полученные результаты.
	Владеет методами определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений; методами контроля технологических процессов (Н-2).	Правильные ответы на вопросы №51-57 к экзамену, выполнение курсовой работы	Имеет слабые навыки в установлении строения ароматических и гетероароматических соединений, с ошибками оформляет отчеты о научно-исследовательской работе	Имеет навыки в установлении строения ароматических и гетероароматических соединений, с незначительными ошибками оформляет отчеты о научно-исследовательской работе	Демонстрирует уверенные навыки в установлении строения и физико-химических свойств ароматических и гетероароматических соединений, без ошибок оформляет отчеты о научно-исследовательской работе

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Механизм реакции ароматического электрофильного замещения.
2. Влияние строения электрофила и субстрата на скорость реакции электрофильного замещения.
3. Ориентация электрофильного замещения и реакционная способность замещенных аренов.
4. Кинетический изотопный эффект, фактор порциальных скоростей, фактор селективности.
5. Методы нитрования и нитрующие агенты. Генерация нитрующего агента.
6. Реакции нитрозирования и диазотирования. Механизм, электрофильные частицы и ароматические субстраты.
7. Сульфлирующие реагенты и механизм реакции сульфирования.
8. Галоидирующие агенты и механизм галоидирования в ароматическое ядро.
9. Механизм галоидирования в боковую цепь.
10. Механизм алкилирования в ароматическое ядро. Приведите примеры.
11. Механизм ацилирования в ароматическое ядро. Приведите примеры реакции.
12. Механизм взаимодействия фенола с двуокисью углерода, хлороформом в щелочных средах.
13. Механизм ароматического нуклеофильного замещения. Нуклеофилы. Ориентация в замещенных бензолах и нафталинах.
14. Механизмы реакций нуклеофильного замещения.
15. Механизм кислотного гидролиза ароматических аминов в гидроксисоединения.
16. Нуклеофильное замещение галогена в ароматическом ядре на кислородсодержащие группы. Влияние среды и катализатора.
17. Механизм реакции Бухерера
18. Механизм реакций ароматического свободнорадикального замещения.
19. Генерация свободных радикалов и их идентификация.
20. Восстановители, используемые в практике. Классификация механизмов восстановления.
21. Основные типы окислителей и области их применения.
22. Методы синтеза полиядерных углеводородов и гетероароматических соединений
23. Реакции циклизации в синтезе новых ароматических систем.
24. Механизм реакций Вильсмайера-Хаака, Гаттермана и Гаттермана-Коха.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

25. Особенности нитрования, сульфирования и хлорирования антрахинона.
26. Нитрование бензола, нафталина и их производных.
27. Сульфирование бензола и его производных.
28. Сульфирование нафталина и нафтола. Особенности проведения реакций, методы выделения сульфокислот и разделения изомеров.
29. Технология получения кинетически и термодинамически-контролируемых продуктов сульфирования. Приведите примеры.
30. Хлорирование бензола и его производных.
31. Реакции бромирования, фторирования и йодирования и их особенности.
32. Реакции хлорметилирования, оксиметилирования и аминметилирования.

33. Алкилирование ароматических аминов и фенолов. Методы синтеза вторичных аминов.
34. Реакции ароматических соединений с альдегидами и кетонами.
35. Реакция Вильсмайера, ее препаративные возможности.
36. Основные методы синтеза ароматических альдегидов.
37. Методы синтеза карбоновых кислот.
38. Технология получения производных антрахинона из фталевого ангидрида.
39. Реакции ацетилирования и бензоилирования ароматических субстратов.
40. Синтез фенолов, нафтолов и гидроксидантрахинонов реакцией щелочного плавления.
41. Нуклеофильное замещение галогена в ароматическом ядре на азотсодержащие группы.
42. Взаимные превращения нафтиламинов и нафтолов.
43. Методы восстановления нитро-, нитрозо- и diaзосоединений.
44. Синтез карбоновых кислот, альдегидов и хинонов с использованием окислительных процессов.
45. Реакции окисления, идущие с разрывом ароматического кольца.
46. Методы получения фенола и области его применения.
47. Способы получения ароматических аминов.
48. Реакции diaзосоединений без выделения молекулы азота.
49. Реакции diaзосоединений с выделением молекулы азота.
50. Реакции конденсации в синтезе гетероароматических соединений.
51. Планирование синтеза органического вещества и выбор технологии с помощью экономического анализа.
52. Стандартные методы анализа продуктов реакций сульфирования, нитрования и нитрозирования ароматических соединений.
53. Стандартные методы анализа продуктов реакций галогенирования, алкилирования и ацилирования ароматических соединений.
54. Стандартные методы анализа продуктов и контроля реакций нуклеофильного замещения нитро-, сульфо- и diaзогруппы.
55. Стандартные методы анализа продуктов и контроля реакций нуклеофильного замещения атомов галогенов, водорода и реакции Бухерера.
56. Стандартные методы анализа протекания окислительно-восстановительных реакций.
57. Стандартные методы анализа протекания реакций циклизации и конденсации.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. В качестве третьего вопроса предлагается решение синтетической задачи:

1. Синтезируйте 2-метил-1-аминоантрахинон
2. Синтезируйте 2-амино-3,5-диметилбензолсульфокислоту
3. Синтезируйте 2,4-дихлор-5-аминобензойную кислоту
4. Синтезируйте 4-аминофенол-3-сульфокислоты
5. Синтезируйте 2,6-дихлорбензойную кислоту
6. Синтезируйте 2,4-диаминохлорбензол-5-сульфокислоту.
7. Синтезируйте 4-хлор-2-аминотолуол-5-сульфокислоту
8. Синтезируйте 2-метокси-1-нафтиламин
9. Синтезируйте 5-нитро-2-хлор-4-аминотолуол
10. Синтезируйте 3-амино-4-нитрохлорбензол

11. Синтезируйте 5,8-диаминонафталин-2-сульфо кислоту
12. Синтезируйте 2,4-диаминотолуол-5-сульфо кислоту.
13. Синтезируйте 4-трифторметиланилин
14. Синтезируйте 2,4-диметилфенол-6-сульфо кислоту
15. Синтезируйте 1,5-дихлор-4,8-диаминоантрахинон
16. Синтезируйте 2,3-диметилантрахинон
17. Синтезируйте 5-нитро-2-хлор-4-аминотолуол
18. Синтезируйте 3-хлор-4-(фенилокси)анилин
19. Синтезируйте 2,4-динитро-4'-нитрозодифениламин
20. Синтезируйте 2,6-дихлор-4-нитроанилин
21. Синтезируйте 2-амино-3,5-диметилбензолсульфамид
22. Синтезируйте 2-амино-3,5-дихлорбензолсульфамид
23. Синтезируйте 2,4-динитро-4'-хлордифениламин
24. Синтезируйте 5-нитро-2-хлор-4-аминотолуол
25. Синтезируйте амид 2,6-динитробензойной кислоты
26. Синтезируйте 3-йодтолуол
27. Синтезируйте 3-амино-5-метил-бензолсульфо кислоту
28. Синтезируйте 2-хлор-1,4-динитробензол
29. Синтезируйте 5-хлор-2-нитроанилин
30. Синтезируйте 3-этокси-4-гидроксибензальдегид
31. Синтезируйте 4-((4-аминофенил)тио)-3-хлоранилин
32. Синтезируйте 2,4-диметокси-5-амино-хлорбензол
33. Синтезируйте 2-амино-6-хлорфенол-4-сульфо кислоту
34. Синтезируйте 4-аминоанизол-3-сульфо кислоту
35. Синтезируйте 2-хлор-4-амино-5-нитроанизол
36. Синтезируйте 2,5-диметокси-4-цианоанилин
37. Синтезируйте 1-амино-8-нафтол-3,5-дисульфокислоту и
38. Синтезируйте 1-амино-5-нафтол-7-сульфо кислоту.
39. Какими способами можно получить 1-амино-8-нафтол-3,6-дисульфокислоту?
40. Предложите схему синтеза 2,4-диамино-6-хлорфенола

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

4. Темы курсовых работ:

1. Современные методы синтеза ароматических альдегидов. Области применения.
2. Промышленные способы получения фенола.
3. Общие закономерности реакции ароматического электрофильного замещения. На примере конкретных химических реакций.
4. Общие закономерности реакции ароматического нуклеофильного замещения. На примере конкретных химических реакций.
5. Современные промышленные методы восстановления ароматических соединений.
6. Реакция алкилирования ароматических аминов и ее применение в практике.
7. Реакция ацилирования ароматических аминов и ее применение в практике.
8. Реакции алкилирования и ацилирования ароматических гидроксисоединений и ее применение в практике.

9. Пути использования толуола в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
10. Нафталин. Получение, свойства, применение.
11. Методы синтеза фталонитрила и его производных.
12. Производные нафталевой кислоты. Синтез, свойства, применение.
13. Пути синтеза ароматических аминов.
14. Строение и методы синтеза гетероциклов. На примере конкретных химических реакций.
15. Процессы сульфирования ароматических соединений, механизмы реакции, применение в технике. На примере конкретных химических реакций.
16. Реакции окисления в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
17. Реакции восстановления в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
18. Реакции циклизации в тонком органическом синтезе. На примере конкретных химических реакций.
19. Промышленные методы получения ароматических нитросоединений. На примере конкретных химических реакций.
20. Реакция Бухерера, механизм и применение на практике.
21. Синтез 4-замещенных фталонитрилов
22. Синтез 3-замещенных фталонитрилов
23. Синтез орто-гидроксифенилтетразолов
24. Синтез мета-гидроксифенилтетразолов
25. Синтез пара-гидроксифенилтетразолов

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ:

СТО СПбГТИ (ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

СТО СПбГТИ (ТУ) 044-2012. Стандарт организации. Комплексная система управления качеством деятельности вуза. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсового проекта и экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).