

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

« 26 » апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ
АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

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	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Зав. кафедрой		Рамш С.М.

Рабочая программа дисциплины «Строение и реакционная способность ароматических соединений» обсуждена на заседании кафедры химической технологии органических красителей и фототропных соединений
протокол от «01» апреля 2021 г. № 4

Заведующий кафедрой

С.М. Рамш

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии
протокол от «20» апреля 2021 г. № 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	11
4.3.1 Семинары, практические занятия	11
4.4 Самостоятельная работа обучающихся.....	11
4.4.1 Вопросы для КСР и самостоятельного изучения	11
4.4.2 Темы контрольной работы.....	12
4.4.3 Темы рефератов	14
5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	15
6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	15
6.1 Контрольные вопросы по дисциплине, используемые при промежуточной аттестации	15
6.2 Перечень типовых задач и творческих заданий по строению и реакционной способности гетероароматических соединений, используемых при промежуточной аттестации (практические задания к экзамену).....	17
7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	20
8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	21
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	27
10 Перечень информационных технологий и программного обеспечения, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	29
10.1 Информационные технологии.....	29
10.2 Программное обеспечение.....	29
10.2.1 Специальное программное обеспечение:.....	29
10.2.2 Универсальное программное обеспечение:	29
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.	29
11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	30
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.	32
Приложение № 1	33
1. Перечень компетенций и этапов их формирования.....	33
2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.....	34
3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.....	38
4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	39

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
<p>ПК-2 Способность использовать методики создания органических веществ и материалов</p>	<p>ПК-2.1 Использование знаний о свойствах ароматических и гетероароматических соединений для выбора оптимального метода их получения</p>	<p>Знать: молекулярное строение и физико-химические свойства основных классов ароматических соединений (ЗН-1); методы получения основных классов ароматических соединений (ЗН-2); химические свойства основных классов ароматических соединений (ЗН-3); основные методы получения «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – функционализированных производных ароматических соединений (ЗН-4); механизмы основных типов реакций, протекающих с участием ароматических соединений «простого» и «сложного» строения (ЗН-5); качественные соотношения между строением и реакционной способностью «исходных» соединений, «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – соединений ароматического ряда (ЗН-6).</p> <p>Уметь:</p>

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>применять полученные знания для установления строения, изучения физико-химических и химических свойств вновь синтезированных в ходе выполнения лабораторных, курсовых работ и ВКР ароматических соединений «простого» и «сложного» строения (У-1);</p> <p>применять полученные знания для целенаправленного синтеза как новых, так и уже известных ароматических соединений заданного строения (У-2);</p> <p>прогнозировать физико-химические, химические и специальные свойства, а также реакционную способность вновь синтезированных ароматических соединений (У-3);</p> <p>работать с учебной, научной и справочной литературой по химии ароматических соединений в процессе выполнения курсовых работ по специальности, ВКР, а также в ходе дальнейшей профессиональной деятельности (У-4).</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками изучения строения, физико-химических и химических свойств вновь синтезированных ароматических соединений (Н-1);</p> <p>навыками лабораторного синтеза основных классов ароматических соединений (Н-2);</p> <p>навыками работы с научно-технической информацией по химии и технологии ароматических соединений (Н-3).</p>

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Строение и реакционная способность гетероароматических соединений» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.01.02) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом аспекте дисциплина базируется на следующих дисциплинах учебного плана:

Б1.О.05 «Математика»,

Б1.О.07 «Физика»,

Б1.О.08 «Общая и неорганическая химия»,

Б1.О.25 «Органическая химия»,

Б1.О.09 «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»,

Б1.О.24 «Физическая химия»,

Б1.В.04 «Теория химико-технологических процессов тонкого органического синтеза».

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Строение и реакционная способность ароматических соединений» рассматривается как связующее звено между указанными математическими, естественнонаучными и профессиональными дисциплинами – с одной стороны, и дисциплинами профессионального цикла Б1.В.02 «Химия и технология органических красителей», Б1.В.03 «Введение в фотохимию», Б1.В.05 «Химия и технология тонкого органического синтеза» – с другой. Полученные в рамках изучения данной дисциплины знания будут необходимы студентам при изучении указанных дисциплин профессионального цикла, при подготовке, выполнении и защите курсовых работ по специальности, выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	5 / 180
Контактная работа с преподавателем:	78
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в том числе	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	36 (9)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)*	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	75
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Реферат
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен / 27

* 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		Контролируемая самостоятельная работа, академ. часы	Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы				
1	Введение	4	4		–	–	ПК-2	ПК-2.1
2	Общие вопросы строения и реакционной способности ароматических соединений	8	8		6	–	ПК-2	ПК-2.1
3	Общие закономерности реакций ароматического электрофильного замещения	8	8		–	–	ПК-2	ПК-2.1
4	Общие закономерности реакций ароматического нуклеофильного замещения	8	8		–	–	ПК-2	ПК-2.1
5	Общие закономерности реакций ароматического радикального замещения	8	8		–	–	ПК-2	ПК-2.1
6	Подготовка к лекциям и практическим занятиям. Подготовка домашних заданий. Подготовка к контрольной работе (ответы на контрольные вопросы и тестовые задания). Подготовка реферата.	–	–		6	75	ПК-2	ПК-2.1
	Итого	36	36		6	75		

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>1. Введение</p> <p>Содержание и задачи курса. Значение теоретической химии в решении прикладных химических проблем. Особенности строения и свойств ароматических и гетероароматических соединений. Успехи физической органической химии. Знание теоретических основ и целенаправленный синтез.</p>	4	ПЛ
2	<p>2. Общие вопросы строения и реакционной способности ароматических соединений</p> <p>2.1. Квантово-химические подходы к описанию строения и свойств ароматических молекул. Основы теории резонанса. Качественные основы метода молекулярных орбиталей. Графический способ решения волновых функций и нахождения энергий молекулярных орбиталей для простейших ароматических систем. Правило ароматичности. Примеры ароматических систем. Молекулярные диаграммы (индекс свободной валентности, порядок π-связи, π-электронная плотность). Свойства конденсированных карбоциклических соединений и их гетероциклических аналогов.</p> <p>2.2. Проблема оценки ароматичности, используемые критерии. Энергетические критерии. Энергия резонанса и методы ее определения. Концепция энергии делокализации, энергии делокализации на один электрон, энергии резонанса на один электрон. Структурные критерии. Копланарность и степень выравнивания связей. Дифракционные методы и использование объективной информации для оценки ароматичности. Магнитные критерии. Ограниченность применения критерия анизотропии.</p> <p>2.3. Классификация реакций ароматического замещения.</p> <p>2.4. Модели переходных комплексов в теории молекулярных орбиталей.</p> <p>2.5. Оценка относительной реакционной способности ароматических систем с использованием в качестве индексов реакционной способности π-электронной плотности (или заряда), граничных электронных плотностей и энергий локализации.</p>	8	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновацион ная форма
3	<p>3. Общие закономерности реакций ароматического электрофильного замещения</p> <p>Основность ароматических углеводородов, механизм электрофильного замещения. Строение и свойства промежуточных π- и σ-комплексов, их роль в химических реакциях. Активность и селективность электрофильных агентов. Применение корреляционного анализа для выявления тонких особенностей реакций. Парциальные факторы скорости, использование их величин для оценки влияния заместителей на скорость реакции и положение замещения в ароматическом ядре. Фактор селективности – мера селективности электрофильного агента. Стерические эффекты в реакциях электрофильного замещения и соотношение изомеров в продуктах реакции. Рассмотрение на конкретных примерах факторов, влияющих на скорость реакции и строение образующихся продуктов. Эффект поляризуемости и его роль в процессах электрофильного замещения.</p>	8	Л, ДОТ
4	<p>4. Общие закономерности реакций ароматического нуклеофильного замещения</p> <p>4.1. Существенные отличия нуклеофильного замещения в ароматическом и алифатическом ряду. Особенности механизма S_N1 для ароматических соединений. Разложение ароматических диазосоединений. 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. Комплекс Мейзенгеймера и доказательства его строения. Влияние заместителей (их природы, положения по отношению к реакционному центру, числа заместителей), пространственных факторов на скорость активированного нуклеофильного замещения.</p> <p>4.2. Понятие о нуклеофильности реагента. Факторы, определяющие нуклеофильность (основность, поляризуемость, стерические факторы). Электронные факторы нуклеофильности в S_N2-реакциях. Контроль по заряду и орбитальный контроль реакций. Специфическая и неспецифическая сольватация. Влияние природы растворителей на ряд активности нуклеофилов. Методы полуколичественной оценки нуклеофильности, используемые шкалы</p>	8	Л, ДОТ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	<p>нуклеофильности. Процессы одноэлектронного переноса и их роль в реакциях ароматического нуклеофильного замещения.</p> <p>4.3. Кинемеханизм (ариновый механизм). Использование меченых атомов для выявления аринового механизма. Прямое химическое доказательство образования промежуточного арина. Влияние электронных эффектов заместителей на соотношение изомерных продуктов реакции. Условия, благоприятствующие нуклеофильному замещению по ариновому механизму. Источники аринов и их использование в препаративном синтезе.</p>		
5	<p>5. Общие закономерности реакций ароматического радикального замещения</p> <p>Основные сведения о механизме и особенностях реакций ароматического радикального замещения. Строение радикальных σ-комплексов. Факторы, определяющие устойчивость органических радикалов. Влияние природы заместителя на стабильность σ-комплексов (полярные эффекты). Особенности ориентации при ароматическом радикальном замещении. Методы обнаружения радикалов (ЭПР-спектроскопия, метод Панета, УФ- и ИК-спектроскопия, метод «ловушки», инициирование реакции полимеризации).</p>	8	Л, ДОТ

Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

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	Особенности строения и свойств ароматических соединений	6	1	РД, МШ
2	Общие вопросы строения и реакционной способности ароматических соединений	7	2	РД, МШ
3	Общие закономерности реакций ароматического электрофильного замещения	7	2	РД, МШ
4	Общие закономерности реакций ароматического нуклеофильного замещения	7	2	РД, МШ
5	Общие закономерности реакций ароматического радикального замещения	7	2	РД, МШ
	Контрольная работа	2		АР

4.4 Самостоятельная работа обучающихся

4.4.1 Вопросы для КСР и самостоятельного изучения

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1-2	Электронные влияния заместителей	3	Устный опрос 1
3	Стерические эффекты и состав изомерных продуктов в электрофильных реакциях монозамещенных производных бензола.	2	Устный опрос 2
1-2	Основность ароматических аминов, ее количественная оценка.	2	Устный опрос 3
1-2	Количественная оценка кислотности ароматических карбоновых кислот	2	Устный опрос 4
1-2	Величина pK_R^+ , стабильность и реакционная способность ароматических электронодефицитных систем	2	Устный опрос 5
3	Применение теории резонанса для предсказания направления электрофильного замещения в ароматических соединениях	2	Устный опрос 6
1-2	Метод Дьюара для описания реакционной способности ароматических углеводородов	2	Устный опрос 7

1-2	Поликонденсированные углеводороды, особенности их строения и свойств	3	Устный опрос 8
1-2	Классификация растворителей. Роль растворителя в реакциях органических соединений	3	Устный опрос 9
1-2	Небензоидные ароматические соединения	2	Устный опрос 10
	Ароматические, неароматические и антиароматические системы	2	Устный опрос 11
1-5	Подготовка к контрольной работе (ответы на контрольные вопросы, решение типовых задач и подготовка творческих заданий)	6 (КСР) 25	Контрольная работа
1-5	Подготовка индивидуального задания	25	Реферат

По разделам 1-5 дисциплины студенты выполняют одну контрольную работу.

По разделам 1-5 дисциплины студенты подготавливают индивидуальное задание в виде реферата.

4.4.2 Темы контрольной работы

Контрольная работа охватывает разделы 1-5 дисциплины. Контрольная работа содержит три задачи по строению и реакционной способности ароматических соединений.

Вариант 1

1. Вычислите парциальные факторы скоростей хлорирования в ледяной уксусной кислоте анизола, фторбензола и бензонитрила в м- и п-положения. Объясните полученные результаты с точки зрения электронных влияний заместителей.
2. Определите относительные скорости бромирования в ледяной уксусной кислоте толуола, бромбензола и нитробензола в м- и п-положения. Объясните полученные результаты с точки зрения электронных влияний заместителей.
3. Какие из соединений легче нитруются в п-положение: фторбензол, толуол, фенол, изопропилбензол? Почему? Каким ориентировочно будет состав изомеров в каждом отдельном случае?

Вариант 2

1. Рассчитайте содержание изомеров в продуктах реакции этилирования этилбензола бромистым этилом в среде дихлорэтана при 25°C, если известно, что парциальный фактор скорости реакции в о-положение равен 2.
2. Вычислить относительные скорости образования соответствующих м- и п-хлорпроизводных при хлорировании нитробензола, бромбензола и анизола в ледяной уксусной кислоте при 25°C. Чем объяснить увеличение скорости хлорирования в этом ряду?
3. Укажите положение, в которое легче всего будет вступать сульфогруппа при сульфировании о-хлорфенола, м-хлорфенола, п-крезола, п-бромфенола, п-нитрофенола. Приведите объяснения.

Вариант 3

1. Известно, что парциальный фактор скорости хлорирования этилбензола в о-положение молекулярным хлором в ледяной уксусной кислоте при 25°C равен 100. Определите содержание о-, м- и п-хлорэтилбензолов в реакционной массе.
2. Рассчитайте относительные константы скоростей этилирования фенола, N,N-диметиланилина бромистым этилом в среде дихлорэтана при 25°C в м- и п-положения. Прокомментируйте полученные расчеты.
3. В каких из приведенных соединений имеется эффект прямого полярного сопряжения: п-нитробромбензол, п-нитроанизол, п-нитроанилин, п-нитрофенол, п-нитробензойная кислота, м-нитрофенол? У каких соединений будет наблюдаться наибольшее отклонение значения экспериментального дипольного момента от расчетного? Объясните.

Вариант 4

1. Отличительные свойства π -комплексов и σ -комплексов в реакциях ароматического электрофильного замещения.
2. Определите относительные константы скорости бромирования в ледяной уксусной кислоте для фенола, хлорбензола, бензойной кислоты при образовании основного изомера. Объясните полученные результаты с учетом электронных эффектов заместителей.
3. Как изменится ориентация вступления сульфогруппы в N,N-диметиланилин с увеличением концентрации серной кислоты? Наблюдается ли аналогичное изменение направления реакции при сульфировании хлорбензола?

Вариант 5

1. Напишите структурные формулы относительно наиболее устойчивых дигидропроизводных нафталина. Объясните легкость их образования в процессах восстановления.
2. Какая из названных СН-кислот более сильная и почему? Метан, толуол, ацетонитрил, нитрометан, динитрил малоновой кислоты.
3. Какие из перечисленных ниже соединений могут приобретать ароматичность: циклопентадиен, циклогептатриен, циклооктатетраен? Напишите соответствующие структуры.

Вариант 6

1. Напишите структурные формулы относительно наиболее устойчивых дигидропроизводных антрацена. Объясните легкость их образования в процессах восстановления.
2. Расположите в ряд по увеличению значения pK_a бензойную кислоту и ее п-замещенные производные (п-хлор-, п-метокси-, п-диметиламино- и п-нитробензойные кислоты).
3. Какой из двух атомов азота более основан в молекулах бензимидазола и 2-аминопиридина?

Вариант 7

1. Напишите структурные формулы относительно наиболее устойчивых дигидропроизводных фенантрена. Объясните легкость их образования в процессах восстановления.
2. Расположите следующие карбоновые кислоты в порядке убывания их силы: монохлоруксусная, метоксиуксусная, уксусная, нитроуксусная, пропионовая, 2-трифторпропионовая кислоты. Приведите объяснения.

3. Как изменится ориентация вступления сульфогруппы в анилин с увеличением концентрации серной кислоты? Наблюдается ли аналогичное изменение направления реакции при сульфировании бромбензола?

Вариант 8

1. Сравните ароматические свойства бензотиофена, бензопиррола и бензофурана с учетом электроотрицательности гетероатомов, входящих в цикл. Расположите указанные соединения в ряд по возрастанию ароматических свойств.

2. Почему нитрогруппа оказывает большее ослабляющее влияние на основность анилина, будучи в *p*-положении, чем в *m*-положении, более близком к аминогруппе?

3. Расположите в ряд по увеличению значения pK_a следующие амины: *p*-хлоранилин, анилин, *p*-нитроанилин, *p*-диметиламиноанилин, *p*-толуидин. Приведите объяснения.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета. Зачет выставляется при условии получения студентом положительной оценки за контрольную работу и на основании ответов студента на два вопроса из перечня «Контрольные вопросы к зачету. Часть 2» (раздел 5) при итоговом собеседовании по результатам усвоения дисциплины.

Перечень типовых задач и творческих заданий по строению и реакционной способности ароматических соединений приведен ниже, в разделе 6.

4.4.3 Темы рефератов

По разделам 1-5 студенты подготавливают индивидуальное задание в виде реферата на предложенную тему:

1. Механизмы нитрования ароматических соединений.
2. Механизмы сульфирования ароматических соединений.
3. Механизмы галогенирования ароматических соединений.
4. Механизмы аминирования ароматических соединений.
5. Механизмы гидроксирования ароматических соединений.
6. Механизмы карбоксилирования ароматических соединений.
7. Механизмы карбонилирования ароматических соединений.
8. Механизмы гидроксиметилирования ароматических соединений.
9. Механизмы аминометилирования ароматических соединений.
10. Механизмы цианирования ароматических соединений.
11. Механизмы арилирования ароматических соединений.
12. Механизмы алкенирования ароматических соединений.
13. Механизмы алкинирования ароматических соединений.
14. Механизмы диазотирования в ароматическом ряду.
15. Механизмы азосочетания в ароматическом ряду.
16. Механизмы восстановления (гидрирования) ароматических соединений.
17. Механизмы окисления ароматических соединений.

Выполнение реферата является обязательным условием допуска к экзамену.

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 (ЭИОС) СПбГТИ (ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>.

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет достигнуть (оценка «удовлетворительно») или превысить пороговый уровень результатов обучения.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если у обучающегося выявлены индикаторы достижения компетенций, т. е. для всех дескрипторов компетенций достигнут пороговый уровень их усвоения на данном этапе, что соответствует оценке «удовлетворительно».

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме реферата и экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля, т. е. получившие положительные оценки за письменную контрольную работу и реферат.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных дескрипторов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и практическая задача по строению и реакционной способности ароматических соединений (для проверки умений и навыков).

В экзаменационном билете содержится один вопрос из перечня контрольных вопросов (теоретический вопрос) и практическое задание из перечня типовых задач и творческих заданий по дисциплине (практическая задача).

Время подготовки студента к устному ответу на экзамене – до 45 мин.

6.1 Контрольные вопросы по дисциплине, используемые при промежуточной аттестации

(теоретические вопросы к экзамену)

1. Квантово-химические подходы к описанию строения и свойств ароматических молекул. Основы теории резонанса. Качественные основы метода молекулярных орбиталей. Графический способ решения волновых функций и нахождения энергий молекулярных орбиталей для простейших ароматических систем. Правило ароматичности. Примеры ароматических систем. Молекулярные диаграммы (индекс свободной валентности, порядок π -связи, π -электронная плотность). Свойства конденсированных карбоциклических соединений и их гетероциклических аналогов.

2. Проблема оценки ароматичности, используемые критерии. Энергетические критерии. Энергия резонанса и методы ее определения. Концепция энергии делокализации, энергии делокализации на один электрон, энергии резонанса на один электрон. Структурные критерии. Копланарность и степень выравненности связей.

Дифракционные методы и использование объективной информации для оценки ароматичности. Магнитные критерии. Ограниченность применения критерия анизотропии.

3. Классификация реакций ароматического замещения.

4. Модели переходных комплексов в теории молекулярных орбиталей.

5. Оценка относительной реакционной способности ароматических систем с использованием в качестве индексов реакционной способности π -электронной плотности (или заряда), граничных электронных плотностей и энергий локализации.

6. Основность ароматических углеводородов, механизм электрофильного замещения. Строение и свойства промежуточных π - и σ -комплексов, их роль в химических реакциях. Активность и селективность электрофильных агентов. Применение корреляционного анализа для выявления тонких особенностей реакций. Парциальные факторы скорости, использование их величин для оценки влияния заместителей на скорость реакции и положение замещения в ароматическом ядре. Фактор селективности – мера селективности электрофильного агента. Стерические эффекты в реакциях электрофильного замещения и соотношение изомеров в продуктах реакции. Рассмотрение на конкретных примерах факторов, влияющих на скорость реакции и строение образующихся продуктов. Эффект поляризуемости и его роль в процессах электрофильного замещения.

7. Существенные отличия нуклеофильного замещения в ароматическом и алифатическом ряду. Особенности механизма S_N1 для ароматических соединений. Разложение ароматических диазосоединений. 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. Комплекс Мейзенгеймера и доказательства его строения. Влияние заместителей (их природы, положения по отношению к реакционному центру, числа заместителей), пространственных факторов на скорость активированного нуклеофильного замещения.

8. Понятие о нуклеофильности реагента. Факторы, определяющие нуклеофильность (основность, поляризуемость, стерические факторы). Электронные факторы нуклеофильности в S_N2 -реакциях. Контроль по заряду и орбитальный контроль реакций. Специфическая и неспецифическая сольватация. Влияние природы растворителей на ряд активности нуклеофилов. Методы полуколичественной оценки нуклеофильности, используемые шкалы нуклеофильности. Процессы одноэлектронного переноса и их роль в реакциях ароматического нуклеофильного замещения.

9. Кинемеханизм (ариновый механизм). Использование меченых атомов для выявления аринового механизма. Прямое химическое доказательство образования промежуточного арина. Влияние электронных эффектов заместителей на соотношение изомерных продуктов реакции. Условия, благоприятствующие нуклеофильному замещению по ариновому механизму. Источники аринов и их использование в препаративном синтезе.

10. Основные сведения о механизме и особенностях реакций ароматического радикального замещения. Строение радикальных σ -комплексов. Факторы, определяющие устойчивость органических радикалов. Влияние природы заместителя на стабильность σ -комплексов (полярные эффекты). Особенности ориентации при ароматическом радикальном замещении. Методы обнаружения радикалов (ЭПР-спектроскопия, метод Панета, УФ- и ИК-спектроскопия, метод «ловушки», инициирование реакции полимеризации).

6.2 Перечень типовых задач и творческих заданий по строению и реакционной способности гетероароматических соединений, используемых при промежуточной аттестации (практические задания к экзамену)

Ароматичность, теория резонанса

1. Напишите основные канонические резонансные структуры нафталина и оцените порядок π -связей C_1-C_2 , C_2-C_3 .
2. Напишите основные резонансные структуры молекулы антрацена и вычислите порядки $C-C$ -связей.
3. Напишите пять резонансных структур фенантрена (типа структур Кекуле) и покажите, как с помощью этих структур можно объяснить, что фенантрен в отличие от бензола склонен к реакции присоединения брома в положения 9, 10.
4. Напишите химические формулы всех возможных изомерных антрахинонов и предскажите их относительную стабильность.
5. Напишите все возможные структуры изомерных нафтохинонов и предскажите их относительную стабильность.
6. Напишите структурные формулы относительно наиболее устойчивых дигидропроизводных нафталина, антрацена и фенантрена. Расположите указанные ароматические соединения в порядке легкости их вступления в реакции гидрирования. Поясните свои выводы.
7. Сформулируйте правило ароматичности и приведите примеры химических формул ароматических соединений.
8. Какие из перечисленных ниже соединений могут приобретать ароматичность: циклопентадиен, циклогептатриен, циклооктатетраен? Напишите соответствующие структуры.
9. Определите, какое из приведенных соединений – пентален, азулен, гептален – обладает ароматическими свойствами?
10. Сравните ароматические свойства тиофена, пиррола и фурана, учитывая относительную электроотрицательность атомов, включенных в гетероцикл, и расположите указанные соединения в ряд по возрастанию их ароматических свойств.
11. Почему пиррол дает неустойчивые соли с минеральными кислотами и более склонен к образованию солей при действии концентрированных растворов едкого натра? Напишите химические структуры соответствующих солей и объясните экспериментальные факты.
12. Почему кислотность NH -группы в карбазоле выше, чем у аминогруппы анилина, а у CH_2 -группы в флуорене выше, чем у метильной группы толуола?
13. Сравните ароматические свойства бензотиофена, бензопиррола и бензофурана с учетом электроотрицательности гетероатомов, входящих в цикл. Расположите указанные соединения в ряд по возрастанию ароматических свойств.
14. Дипольный момент пиперидина 1,17 D, а у пиридина 2,26 D. Укажите направление векторов дипольных моментов и объясните причины увеличения дипольного момента пиридина.
15. Используя понятие ароматичности, определите место протонирования молекул бензимидазола и 2-аминопиридина.
16. Объясните высокую подвижность атома водорода метиленовой группы флуорена при действии металлического натрия. Напишите структурную формулу образующейся соли.
17. Энергия ионизации $C-H$ связи метильных групп *m*-ксилола такая же, как и в толуоле. В *o*- и *p*-ксилолах она, соответственно, на 12,5 и 16,7 кДж/моль больше. Объясните причину различия прочности $C-H$ связей в указанных соединениях.

1. Заместители первого рода, их электронные эффекты, влияние на скорость реакций электрофильного замещения по сравнению с бензолом.
2. Какая из названных СН-кислот более сильная и почему?
Метан, толуол, ацетонитрил, нитрометан, динитрил малоновой кислоты.
3. Расположите в ряд по увеличению значения pK_a следующие амины: п-хлоранилин, анилин, п-нитроанилин, п-диметиламиноанилин, п-толуидин. Приведите объяснения.
4. Различия в значениях pK_a бензойной и п-нитробензойной кислот составляет 0,8, а для соответствующих фенолов 2,8. Почему в случае фенолов влияние нитрогруппы значительно сильнее?
5. Расположите следующие карбоновые кислоты в порядке убывания их силы: монохлоруксусная, метоксиуксусная, уксусная, нитроуксусная, пропионовая, 2-трифторпропионовая кислоты. Приведите объяснения.
6. Расположите в ряд по увеличению значения pK_a бензойную кислоту и ее п-замещенные (п-хлор-, п-метокси-, п-диметиламино- и п-нитробензойные кислоты).
7. Почему нитрогруппа оказывает большее ослабляющее влияние на основность анилина, будучи в п-положении, чем в м-положении, более близком к аминогруппе?
8. Какие из соединений легче нитруются в п-положение: фторбензол, толуол, фенол, изопропилбензол? Почему? Какой ориентировочно будет состав изомеров в каждом отдельном случае?
9. Расположите фенолы п-R-C₆H₄OH (R=NO₂, OCH₃, CH₃, CN, COCH₃, H, Cl) в порядке уменьшения кислотности.
10. Почему кислотность NH-группы у карбазола ниже, чем у дифениламина?
11. Почему кислотность СН₂-группы в молекуле флуорена выше, чем в молекуле дифенилметана?
12. Объясните природу электронного взаимодействия этиленовой группировки в молекуле стирола? К какому типу ориентантов относится названная группировка?
13. Правила ориентации в нафталине и его монозамещенных.
14. Объясните различие реакционной способности α- и β-положений нафталина в реакциях ароматического электрофильного замещения. Почему положение 1 в 2-нафтоле более активно, чем положение 3?
15. В каких из приведенных соединений имеется эффект прямого полярного сопряжения: п-нитробромбензол, п-нитроанизол, п-нитроанилин, п-нитрофенол, п-нитробензойная кислота, м-нитрофенол? У каких соединений будет наблюдаться наибольшее отклонение значения экспериментального дипольного момента от расчетного? Объясните.
16. При нитровании солей фенилтриметиламмония, бензил-, β-фенилэтил- и γ-фенилпропилтриметиламмония выход м-изомеров составляет 100, 38, 19 и 5%, соответственно. Объясните снижение выхода м-изомеров в этой реакции. Какие изомеры образуются при нитровании последних трех из перечисленных выше соединений?
17. Как изменится ориентация вступления сульфогруппы в N,N-диметилаанилин с увеличением концентрации серной кислоты? Наблюдается ли аналогичное изменение направления реакции при сульфировании хлорбензола?
18. Укажите положение, в которое легче всего будет вступать сульфогруппа при сульфировании о-хлорфенола, м-хлорфенола, п-крезола, п-бромфенола, п-нитрофенола. Приведите объяснения.
19. Как изменится ориентация вступления сульфогруппы в анилин с увеличением концентрации серной кислоты? Наблюдается ли аналогичное изменение направления реакции при сульфировании бромбензола?

Расчетные задачи

1. Вычислите парциальные факторы скоростей хлорирования в ледяной уксусной кислоте анизола, фторбензола и бензонитрила в м- и п-положения. Объясните полученные результаты с точки зрения электронных влияний заместителей.
2. Определите относительные скорости бромирования в ледяной уксусной кислоте толуола, бромбензола и нитробензола в м- и п-положения. Объясните полученные результаты с точки зрения электронных влияний заместителей.
3. Вычислите дипольный момент циклогексанола и циклогексиламина, если дипольные моменты фенола и анилина равны $1,40 \text{ D}$ и $1,48 \text{ D}$, а их мезомерные моменты $3,06 \text{ D}$ и $2,47 \text{ D}$.
4. Рассчитайте содержание изомеров в продуктах реакции этилирования этилбензола бромистым этилом в среде дихлорэтана при 25°C , если известно, что парциальный фактор скорости реакции в о-положение равен 2.
5. Вычислите относительные скорости образования соответствующих м- и п-хлорпроизводных при хлорировании нитробензола, бромбензола и анизола в ледяной уксусной кислоте при 25°C . Чем объяснить увеличение скорости хлорирования в этом ряду?
6. Известно, что парциальный фактор скорости хлорирования этилбензола в о-положение молекулярным хлором в ледяной уксусной кислоте при 25°C равен 100. Определите содержание о-, м- и п-хлорэтилбензолов в реакционной массе.
7. Рассчитайте относительные константы скоростей этилирования фенетола, N,N-диметиланилина бромистым этилом в среде дихлорэтана при 25°C в м- и п-положения. Прокомментируйте полученные расчеты.
8. Определите относительные константы скорости бромирования в ледяной уксусной кислоте для фенетола, хлорбензола, бензойной кислоты при образовании основного изомера. Объясните полученные результаты с учетом электронных эффектов заместителей.

При необходимости используются дополнительные задачи и упражнения из рекомендованных учебников и учебных пособий.

Пример варианта экзаменационного билета:

Экзаменационный билет № 1

1. Молекулярные диаграммы. Индекс свободной валентности, порядок π -связи, π -электронная плотность, заряды на атомах.
2. Как изменится ориентация вступления сульфогруппы в N,N-диметиланилин с увеличением концентрации серной кислоты? Наблюдается ли аналогичное изменение направления реакции при сульфировании хлорбензола?

7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1 Быкова, Л. М. Строение и реакционная способность ароматических и гетероароматических соединений. Ч. 1. Строение и реакционная способность гетероароматических соединений : Учебное пособие / Л. М. Быкова, С. М. Рамш, Е. С. Храброва ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 50 с.

2 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.

3 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.

б) электронные учебные издания:

1 Быкова, Л. М. Строение и реакционная способность ароматических и гетероароматических соединений. Ч. 1. Строение и реакционная способность гетероароматических соединений : Учебное пособие / Л. М. Быкова, С. М. Рамш, Е. С. Храброва ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Электронные текстовые данные. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 50 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 23.03.2021). – Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.

2 Смит, В. А. Основы современного органического синтеза : Учебное пособие для вузов / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – 5-е изд., электронное. – Электронные текстовые данные. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 753 с. : ил. – (Учебник для высшей школы). – ISBN 978-5-00101-761-5 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.03.2020). – Режим доступа: по подписке.

3 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.

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», 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>.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать следующие универсальные Интернет-ресурсы для химика-технолога.

Специализированные информационные системы, базы данных, базы знаний, сайты для поиска учебной и научной информации по химии и химической технологии:

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

<http://www.acscinf.org/content/chemical-information-literacy>

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

<http://scienceresearch.com>

<http://www.nature.com>

www.chemweb.com

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

http://en.wikibooks.org/wiki/Chemical_Information_Sources

<http://www.chem.vsu.ru/content/links.html> (обширная сводка химических сайтов «Химия в сети Internet»)

<http://www.doaj.org/> (Directory of open access journals)

<http://www.chemport.ru/> (сайт для химиков)

<http://www.liv.ac.uk/Chemistry/Links/links.html> («линки» для химиков, University of Liverpool), не работает в настоящее время

<http://geogr.isu.ru/leos/index.php> (СИС «Химический ускоритель»), не работает в настоящее время

<http://chemexpress.fatal.ru/Navigator.html> («Химический навигатор»), не работает в настоящее время

<http://www.organic-chemistry.org/>

<http://www.chem.sc.edu/faculty/morgan/resources/links.html>

<http://www.chem.ucla.edu/chempointers.html>

www.abc.chemistry.bsu.by (портал Белорусского государственного университета – Азбука Web-поиска для химиков. Пособия по поиску патентов, баз данных, статей)

www.chem.msu.ru (химический портал МГУ – базы данных, полезная информация, ссылки и т. д.)

Справочники, энциклопедии:

ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry

<http://eu.wiley.com/WileyCDA/Section/id-407379.html>

http://media.wiley.com/assets/5018/03/Ullmanns2011_Contents.pdf

<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/14356007>

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology

<http://eu.wiley.com/WileyCDA/Section/id-302479.html?query=Kirk-Othmer>

Справочник химика 21. Химия и химическая технология. On-line ресурс
<http://chem21.info/map/>

List of academic databases and search engines

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_academic_databases_and_search_engines

Базы данных по химии:

Базы данных Chemical Abstracts Service

<http://www.cas.org/expertise/cascontent/> (поиск с помощью поискового инструмента «SciFinder»)

<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470749418>

<http://www.cas.org/products/scifinder/system-requirements-web>

<http://www.cas.org/training/scifinder>

Базы данных STN-International

http://www.nioch.nsc.ru/sibstn/onlin_db.htm

<http://www.nioch.nsc.ru/sibstn/clusters.htm>

<http://www.cas.org/support/stngen/dbss/index.html>

<https://stnweb.cas.org/>

<http://www.stn-international.com/index.php?id=123>

<http://www.stn-international.de/index.php?id=123>

<https://stneasy.cas.org/html/english/login1.html?service=STN>

Базы данных ELSEVIER/REAXYS (Beilstein&Gmelin)

<https://www.elsevier.com/solutions/reaxys>

<https://www.reaxys.com/reaxys/session.do>

(поиск с помощью поискового инструмента «Reaxys Chemistry Discovery Engine»)

Базы данных ScienceDirect (Elsevier)

<http://www.sciencedirect.com/science>

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

<http://www.mendeley.com/features/>

Базы данных Web of Science (Clarivate Analytics)

<http://webofscience.com>

ChemBioFinder.com (PerkinElmer Informatics, Chembridge.com)

<http://chembiofinder.cambridgesoft.com/chembiofinder/Forms/Home/ContentArea/Home.aspx>

База данных Royal Society of Chemistry ChemSpider (бесплатная, the database contains information on more than 40 million molecules from over 500 data sources)

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

The Cambridge Structural Database

<http://www.ccdc.cam.ac.uk/solutions/csd-system/components/csd/>

Базы данных MEDLINE (PubChem databases)

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/eresources/eresources/search_database.cfm

<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/help.html>

<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/search/search.cgi>

<http://www.hubmed.org/>
<http://www.nioch.nsc.ru/sibstn/databases/medline.htm>
<http://www.disser.ru/library/31/188.htm>
<http://voliadis.ru/pubmed-tips>

Базы спектральных данных органических соединений
<http://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/ENTRANCE.cgi>

Базы данных ВИНТИ
<http://www2.viniti.ru/>

Термические константы веществ
<http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html>

The Merck Index OnlineSM
<http://library.dialog.com/bluesheets/html/bl0304.html>

http://www.dmoz.org/Science/Chemistry/Chemical_Databases/

<http://www.emolecules.com/> (Find [Suppliers and Information](#) for over 8 Million Unique Chemicals!)

<http://cds.dl.ac.uk/> (the Chemical Database Service)

<http://library.dialog.com/bluesheets/html/bls0016.html#SB0016> (Databases by Subject Category: Science-Chemistry)

<http://www.crct.polymtl.ca/FACT/index.php> (Facility for the Analysis of Chemical Thermodynamics)

http://www.google.ru/Top/Science/Chemistry/Chemical_Databases/

<http://chem-v.narod.ru/data.htm> (сводка баз данных)

Патентные базы:

<http://www.abc.chemistry.bsu.by/patent/default.htm> (патентные базы данных, руководство к практикуму)

European Patent Office. Espacenet – Patent search
<http://www.epo.org/searching/free/espacenet.html>
http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP
<https://worldwide.espacenet.com/> (Европейское патентное ведомство)
https://ru.espacenet.com/?locale=ru_RU (Европейское патентное ведомство, русскоязычный сайт)

The US Patent and Trademark Office
<http://www.uspto.gov/>
<http://www.google.com/googlebooks/uspto.html>
<http://www.google.com/googlebooks/uspto-patents-pair.html>
<http://www.us-patent-search.com/>
<http://www.patentstorm.us/> (патенты США, аннотации)

www.freepatentsonline.com (бесплатные патенты США, доступ к полнотекстовым файлам)

Google Patents

<http://www.google.com/patents>

ФГУ ФИПС

www.fips.ru (Роспатент)

<https://patents.su/> (база авторских свидетельств СССР)

<https://yandex.ru/patents> (сервис поиска патентов компании «Яндекс», созданный при содействии Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатента))

Химические библиотеки:

Библиотека химического факультета МГУ

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

Электронная библиотека учебных материалов по химии МГУ

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

Зарубежные журналы через Интернет МГУ

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

Научная библиотека им. М. Горького СПбГУ, электронные ресурсы по химии

<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse/facets/subject/5>

Информационно-библиотечный центр им. С.И. Сулименко РХТУ им. Д.И. Менделеева, электронные информационные ресурсы

<http://lib.muctr.ru/page/117>

Научная электронная библиотека

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

Поиск_электронных_книг

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

Научная литература в Интернете

<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>

Электронная библиотека по химии и технике

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

Книги по химии и химической технологии

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

НИЦ СПбГТУРП. Химия и химическая технология. Более 1000 наименований учебников и монографий

<http://www.nizrp.narod.ru/chem.htm>

Библиотеки общего профиля:

Российская государственная библиотека

<http://www.rsl.ru>

Российская национальная библиотека

<http://www.nlr.ru>

Государственная публичная научно-техническая библиотека России

<http://www.gpntb.ru>

Библиотека по естественным наукам РАН

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

Библиотека РАН (БАН)

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

Фундаментальная библиотека СПбГТИ (ТУ)

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

Библиотека Конгресса США

<http://www.loc.gov/index.html>

Британская библиотека

<http://portico.bl.uk>

Электронная библиотека диссертаций РГБ

<http://www.diss.rsl.ru>

Издательства научно-технической литературы:

Elsevier

http://www.elsevier.com/wps/find/homepage.cws_home

<http://health.elsevier.ru/>

<http://elsevierscience.ru/>

Wiley-VCH

<http://www.chemistryviews.org/view/0/index.html>

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

Springer

<http://www.link.springer.com/>

Хемоинформатика (статья в Википедии):

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0>

*Разработчики программных продуктов по химии, молекулярная графика
(Chem-Soft):*

Advanced Chemistry Development Inc. (ACD/Labs)

<http://www.acdlabs.com/home/>

CambridgeSoft Corporation

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

Dassault Systèmes/BIOVIA/Accelrys/Symyx/MDL

<http://accelrys.com/>

ChemAxon

<https://www.chemaxon.com/products/marvin/marvinsketch>

<https://www.chemaxon.com/products/marvin/marvinsketch>

World Index of Molecular Visualization Resources

www.molvisindex.org

<http://molvis.sdsc.edu/visres/index.html>

Mercury – Crystal Structure Visualisation

http://www.ccdc.cam.ac.uk/products/csd_system/mercury_csd/

<http://jmol.sourceforge.net/> (Molecular graphic: Jmol: an open-source Java viewer for chemical structures in 3D)

<http://openrasmol.org/> (Home Page for RasMol and OpenRasMol Molecular Graphics Visualisation Tool)

<http://edchemistry.tripod.com/graphics.htm> (visualization and animations in chemistry)

Вычислительная химия:

Hypercube, Inc.

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

***Разработчики программных продуктов по химической технологии
(Chem-Engineering):***

Process Systems Enterprise

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

Invensys SimSci-Esscor

<http://iom.invensys.com/EN/Pages/SimSci-Esscor.aspx>

Aspentech

<http://www.aspentech.com/Company/About-AspenTech/>

http://www.aspentech.com/corporate/press/media_kit.aspx

Aspentech HYSYS

<http://www.aspentech.com/core/asp-hysys.aspx>

Математические вычисления и инженерная графика:

PTC Mathcad

<http://www.ptc.com/product/mathcad/>

Autodesk (Autocad)

<http://www.autodesk.com/products/autodesk-autocad/overview>

АСКОН (КОМПАС)

<http://edu.ascon.ru/download/>

<http://kompas.ru/>

Химические общества, организации, союзы:

Am. Chem. Soc.

<http://www.acs.org/content/acs/en.html>

RSC

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

РХО им. Д.И. Менделеева

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

<http://www.chemsoc.ru/regions/Spb/index.php>

IUPAC

<http://old.iupac.org/index.html>

http://goldbook.iupac.org/structure_search.html

Производители химической и фармацевтической продукции:

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

<http://rccnews.ru/Rus/About/>

Стандарты:

Росстандарт

<http://www.gost.ru/wps/portal/pages.Main>

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

Роспромтест

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

Центр по экономическим классификациям

<http://www.okpd.org/index.htm>

NIST

<http://nist.gov/>

<http://webbook.nist.gov/>

<http://webbook.nist.gov/chemistry/>

Электронно-библиотечные системы (электронные ресурсы), предлагаемые библиотекой СПбГТИ (ТУ):

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

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Строение и реакционная способность

гетероароматических соединений» 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 (ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

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 приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

Рабочей программой дисциплины «Строение и реакционная способность ароматических соединений» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 75 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления и расширения знаний по дисциплине и предусматривает:

чтение студентами рекомендованной учебной литературы, в том числе для усвоения теоретического материала дисциплины, вынесенного на самостоятельное изучение;

- подготовку к лекциям и практическим занятиям;
- подготовку к контрольной работе;
- написание реферата;
- работу с рекомендованными Интернет-источниками научно-технической информации;

интерактивное обучение с использованием рекомендованных электронных учебных пособий, доступных программно-обучающих модулей и телекоммуникационных технологий *on line* доступа к соответствующим программным продуктам и обучающим системам, в том числе с помощью компьютерных симуляций.

Планирование времени на самостоятельную работу лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях или полученный в виде раздаточных материалов, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в списке рекомендованной учебной литературы. По каждому из вопросов для самостоятельного изучения следует сначала прочитать рекомендованную литературу, а затем составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания, являющихся основополагающими в этом вопросе и необходимых для усвоения последующих разделов дисциплины. В случае возникновения трудностей при самостоятельном усвоении материала рекомендуется составить перечень непонятных вопросов и обратиться за консультацией к преподавателю.

10 Перечень информационных технологий и программного обеспечения, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1 Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование следующих информационных технологий и возможностей компьютерного класса кафедры:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- поиск учебной и научной информации по дисциплине на специализированных ресурсах (сайтах) сети Интернет с помощью технологий удаленного доступа (сетевых технологий) и специализированных поисковых систем (инструментов) (см. раздел 8);
- взаимодействие с обучающимися на Медиа-портале, посредством ЭИОС, электронной почты, мессенджеров и других сетевых технологий.

10.2 Программное обеспечение

10.2.1 Специальное программное обеспечение:

1. Специальные программные средства и технологии (программные продукты) важнейших информационно-поисковых систем по химии и химической технологии, доступные в режиме *online* на соответствующих сайтах, указанных в разделе 8: поисковый инструмент БД CAS «SciFinder», поисковый инструмент БД ELSEVIER/REAXYS», поисковые инструменты БД Science Direct, Scopus, Web of Science, STN International, ВИНИТИ, Роспатента, The US Patent and Trademark Office, European Patent Office, MEDLINE (PubChem), Cambridge Structural Database.
2. Программа представление структурных данных «Mercury» (бесплатная версия с сайта CCDC (см. раздел 8).
3. ИПС «Web ИРБИС» для поиска библиографической информации на сайте ФБ СПбГТИ (ТУ).
4. Электронно-библиотечные системы (электронные ресурсы), предлагаемые на сайте ФБ СПбГТИ (ТУ).

10.2.2 Универсальное программное обеспечение:

1. Стандартные программные продукты «Microsoft Office».
2. Компьютерная молекулярная графика: бесплатно распространяемые (no fee, free, trial versions) на соответствующих сайтах (см. раздел 8) 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.

См. раздел 8.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения занятий по дисциплине «Строение и реакционная способность ароматических соединений» имеется необходимая материально-техническая база: лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; специализированный компьютерный класс, с подключенными периферийными устройствами и оборудованием для выхода в локальную сеть СПбГТИ (ТУ) и Интернет; компьютерное (*hardware*) и программное (*software*) обеспечение для выполнения практических работ, а также для самостоятельной работы по дисциплине; Фундаментальная библиотека с читальными залами, оснащенными компьютерами, подключенными к локальной сети СПбГТИ (ТУ). с возможностью выхода в Интернет.

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	Кафедра ХТОКиФС, помещение для самостоятельной работы	Специализированная мебель (12 посадочных мест), доска меловая,

Адрес	Наименование оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий	Оснащенность оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий
проспект, д. 24-26/49, лит. Б	студентов (помещение №1)	демонстрационный экран
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра ХТОКиФС, помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (помещение №20)	Специализированная мебель, оборудование для профилактического обслуживания учебного оборудования

Перечень компьютерной техники и сетевого оборудования

Наименование и марка оборудования	Назначение и краткая характеристика оборудования	Год ввода в эксплуатацию
Проектор Acer X113PH_800×600	Презентация иллюстративных материалов	2016
Компьютерный класс кафедры, компьютеры PC, 15 шт.	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2017
Ноутбук MSI GP72 6QF-273RU Ci7-6700HQ 2.6/17.3"FHD/GTX960/W10/8G/1000/DVDRW/WF/BT/Cam_Blac	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2016
Ноутбук Asus X756UV Ci3-6100U 2.3/17.3"/GT920MX/W10/4G/1000/DVDRW/WF/BT/Cam_brown_	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2016
Ноутбук Asus X756UV Ci3-6100U 2.3/17.3"/GT920MX/W10/4G/1000/DVDRW/WF/BT/Cam_brown_	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2016
Ноутбук Asus X751MA PQC N3530	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2014
Ноутбук Asus X751MA PQC N3530	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2014

Наименование и марка оборудования	Назначение и краткая характеристика оборудования	Год ввода в эксплуатацию
Компьютер KEY NM Pro H-505- 4G1000_Ci5-4570	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2014
Компьютер KEY NM Pro H-505- 4G1000_Ci5-4570	Работа в Интернете, профессиональные вычисления, профессиональные (химические) приложения, подготовка текстов, презентаций и т. п.	2014
Общеинститутские серверы	Кабельное сетевое соединение. Широкополосное проводное подключение к локальной сети, выход в Интернет. Кабельная технология Ethernet, скорость 100 Мбит в сек.	
Общеинститутские серверы	Беспроводное сетевое соединение. Беспроводное подключение к локальной сети, выход в Интернет. Беспроводная технология WiFi, скорость 50 Мбит в сек.	

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
«Строение и реакционная способность ароматических соединений»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-2	Способность использовать методики создания органических веществ и материалов	промежуточный

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

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-2.1. Использование знаний о свойствах ароматических и гетероароматических соединений для выбора оптимального метода их получения	<p>Знает молекулярное строение и физико-химические свойства основных классов ароматических соединений (ЗН-1);</p> <p>знает методы получения основных классов ароматических соединений (ЗН-2);</p> <p>знает химические свойства основных классов ароматических соединений (ЗН-3);</p> <p>знает основные методы получения «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – функционализированных производных ароматических соединений (ЗН-4);</p> <p>знает механизмы основных типов реакций, протекающих с</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №1-3, 7, 10 для оценки (разд. 3)</p> <p>Правильные ответы на вопросы №5, 6, 28-30 для оценки (разд. 3)</p> <p>Правильные ответы на вопросы №26-30, 35 для оценки (разд. 3)</p> <p>Правильные ответы на вопросы №5, 6, 28-30 для оценки (разд. 3)</p>	<p>Знание не полное, допускает частые ошибки в ответах на вопросы, но в основном справляется с ответами с помощью наводящих вопросов</p>	<p>Знание полное, допускает отдельные ошибки в ответах на вопросы, но полностью справляется с ответами с помощью наводящих вопросов</p>	<p>Знание полное, безошибочно отвечает на вопросы</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	участие ароматических соединений «простого» и «сложного» строения (ЗН-5); знает качественные соотношения между строением и реакционной способностью «исходных» соединений, «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – соединений ароматического ряда (ЗН-6).	Правильные ответы на вопросы №20-22, 26, 31, 32, 36, 37 для оценки (разд. 3) Правильные ответы на вопросы №4, 27-31, 34, 35 для оценки (разд. 3)			
	умеет применять полученные знания для установления строения, изучения физико-химических и химических свойств вновь синтезированных в ходе выполнения лабораторных, курсовых работ и ВКР ароматических соединений «простого» и «сложного» строения (У-1); умеет применять полученные знания для целенаправленного синтеза как новых, так и уже	Правильные ответы на вопросы №8, 9, 14-19 для оценки (разд. 3) Правильные ответы на	Реализует умение не в полной мере, допускает ошибки в применении знаний и навыков при реализации умения, но в основном справляется с поставленной задачей с подсказками преподавателя	Реализует умение в полной мере, допускает отдельные ошибки в применении знаний и навыков при реализации умения, но полностью справляется с поставленной задачей с небольшими подсказками преподавателя	Реализует умение безошибочно, в полной мере

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<p>известных ароматических соединений заданного строения (У-2);</p> <p>умеет прогнозировать физико-химические, химические и специальные свойства, а также реакционную способность вновь синтезированных ароматических соединений (У-3);</p> <p>умеет работать с учебной, научной и справочной литературой по химии ароматических соединений в процессе выполнения курсовых работ по специальности, ВКР, а также в ходе дальнейшей профессиональной деятельности (У-4).</p>	<p>вопросы №5, 6, 28-30 для оценки (разд. 3)</p> <p>Правильные ответы на вопросы №12, 13, 23-25, 33, 36 для оценки (разд. 3)</p> <p>Правильные ответы на вопросы №3, 11, 33, 36, 37 для оценки (разд. 3)</p>			
	<p>владеет навыками изучения строения, физико-химических и химических свойств вновь синтезированных ароматических соединений (Н-1);</p> <p>владеет навыками</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №12, 13, 23-30, 33, 35 для оценки (разд. 3)</p>	<p>Владеет навыками не в полной мере, допускает ошибки в их использовании, но в основном справляется с поставленной задачей с подсказками преподавателя</p>	<p>Владеет навыками в полной мере, допускает отдельные ошибки в их использовании, но полностью справляется с поставленной задачей с небольшими подсказками преподавателя</p>	<p>Владеет навыками в полной мере</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<p>лабораторного синтеза основных классов ароматических соединений (Н-2);</p> <p>владеет навыками работы с научно-технической информацией по химии и технологии ароматических соединений (Н-3).</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №5, 6, 28-30 для оценки (разд. 3)</p> <p>Правильные ответы на вопросы №3, 11, 33, 36, 37 для оценки (разд. 3)</p>			

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:

1. Правила написания резонансных структур на примере бензола и нафталина. Понятие энергии резонанса.
2. Правило ароматичности, примеры.
3. Молекулярные диаграммы. Индекс свободной валентности, порядок π -связи, π -электронная плотность, заряды на атомах.
4. Используя правила теории резонанса, докажите на примере нитрования фенола большую реакционную способность p -положения по сравнению m -положением.
5. Используя правила теории резонанса, докажите на примере нитрования нафталина различие реакционной способности α - и β -положений.
6. Докажите ориентацию метильной группы в реакции нитрования.
7. В какие положения протекает первая стадия гидрирования антрацена?
8. Почему кислотность NH -группы в карбазоле выше, чем у дифенилметана?
9. Почему кислотность CH_2 -группы в флуорене выше, чем у дифенилметана?
10. Какой из хинонов более устойчив: 1,4- или 9,10-антрахиноны, 1,5- или 1,4-нафтохиноны?
11. Молекулярные орбитали молекулы бензола. Заполнение орбиталей в основном и возбужденном состояниях.
12. Природа индуктивного эффекта и эффекта сопряжения, их отличия.
13. В каких соединениях имеет место эффект прямого полярного сопряжения: p -нитробромбензол, p -нитроанизол, p -нитроанилин, p -нитробензойная кислота, m -нитрофенол.
14. Какое из соединений обладает большей кислотностью: m -нитрофенол, p -нитрофенол, 2,4-динитрофенол, 3,5-динитрофенол?
15. Какой из аминов более основен: анилин, p -нитроанилин, 2,4-динитроанилин, 3,5-динитроанилин?
16. Какая из кислот сильнее: бензойная, p -толуиловая или p -нитробензойная?
17. Как изменяется основность анилина при замене одного атома водорода в аминогруппе на метильную, ацетильную и бензильную группу?
18. Какой из аминов более основен: аммиак, монометиламин, диметиламин или анилин?
19. Почему нитрогруппа оказывает большее ослабляющее действие на основность анилина в p -положении по сравнению с m -положением?
20. Классификация механизмов реакций ароматического замещения.
21. Прокомментируйте общий механизм электрофильного ароматического замещения.
22. В чем отличия π - и σ -комплексов в реакциях ароматического электрофильного замещения?
23. Перечислите типичные заместители 1-го и 2-го рода.
24. Как изменяется электронная природа метильной группы в толуоле при постепенной замене атомов водорода в ней на атомы хлора?
25. Какой из заместителей обладает большей электронодонорностью: метильная, метокси- или N,N -диметиламиногруппа?
26. Почему в реакциях электрофильного замещения для анилина происходит изменение ориентации входящей группы в кислых средах?
27. В какое положение преимущественно нитруются N,N,N -триметилбензиламмоний, o -фторанизол и m -хлортолуол?

28. Предскажите ориентацию при хлорировании в ядро бензойной кислоты, *p*-бромбензойной кислоты, *трет*-бутилбензола.
29. В каких случаях происходит уменьшение образования *o*-изомера: толуол, изопропилбензол, *трет*-бутилбензол? Почему?
30. Какое из соединений легче сульфируется и в какое положение: хлорбензол, фенол, нитробензол, толуол?
31. Правила ориентации в реакциях электрофильного замещения в нафталиновом ряду.
32. Общая схема механизма реакций ароматического нуклеофильного замещения.
33. Факторы, определяющие нуклеофильность реагента.
34. Факторы, определяющие легкость нуклеофильного замещения атома хлора в ароматическом кольце.
35. Какой из атомов галогена подвергается более легкому замещению на гидроксил в указанных соединениях: 2-нитро-4-хлорфторбензоле, 3,4-дихлор-4-нитробензоле, 2,5-дихлорнитробензоле, 2,5-дихлор-4-нитроанилине?
36. Влияние полярности растворителей на скорость реакций ароматического нуклеофильного замещения.
37. Особенности нуклеофильного замещения атома брома в *p*-броманизоле при действии амидом натрия. Кинезамещение.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме реферата и экзамена. Экзамен по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ (ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов. Шкала оценивания ответа на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и соответствует СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Шкала оценивания реферата также балльная.