

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А.Маракаев

« 24 » мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Строение и реакционная способность ароматических соединений»

Направление подготовки
04.04.01 Химия

Направленность (профиль)
«Физико-органическая и фармацевтическая химия»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании института
от 14 апреля 2022 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК
факультета биологии и экологии
протокол № 8 от 18 апреля 2022 г.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов:

- представлений об особенностях строения, реакционной способности и химического поведения ароматических соединений;
- умений и навыков экспериментальной работы, самостоятельной работы с научно-технической литературой, развитие способности к творчеству, в том числе к научно-исследовательской работе, потребности к самостоятельному приобретению знаний.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Строение и реакционная способность ароматических соединений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.05.01).

Необходимыми для освоения этой дисциплины являются понятия, полученные при изучении химических дисциплин предыдущего уровня образования. Знания и навыки, полученные при изучении данной дисциплины, используются обучаемыми при освоении других профессиональных дисциплин и при выполнении выпускной работы магистра. Итоговой формой контроля по дисциплине является зачёт.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1-н Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области контроля структуры и качества биологически активных соединений.	ПК-1-н.1 Составляет общий план исследования в области контроля структуры и качества биологически активных соединений и детальные планы отдельных стадий.	Знать: – общую структуру проведения исследований в области контроля структуры и качества биологически активных соединений и детальные планы отдельных стадий. Уметь: – составлять общий план исследования в области контроля структуры и качества биологически активных соединений и детальные планы отдельных стадий Владеть навыками: – научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы; – планирования и выполнения операций с учетом знаний о свойствах биологически активных соединений и в соответствии с Приказом Минпромторга РФ от 14.06.2013 N 916.

	<p>ПК-1-н.2 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения задачи в области контроля структуры и качества биологически активных соединений исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p>	<p>Знать: – основные экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения задачи в области контроля структуры и качества биологически активных соединений исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p> <p>Уметь: – использовать экспериментальные методы для контроля структуры и качества биологически активных соединений исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов; – использовать расчетно-теоретические методы решения задачи в области контроля структуры и качества биологически активных соединений исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p> <p>Владеть навыками: – интерпретации данных о строении и чистоте биологически активных ароматических соединений, полученных с помощью различных методов анализа.</p>
<p>ПК-6-н Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структуры и активности и конструированию структур с заданной физиологической активностью с учетом доступной информации об их действии в организме.</p>	<p>ПК-6-н.1 Применяет знания о химических свойствах известных лекарственных препаратах и их биомишенях при анализе соотношения «структура-активность».</p>	<p>Знать: – к какому классу веществ относятся исследуемые лекарственные препараты; – химические свойства основных классов ароматических веществ.</p> <p>Уметь: – применять знания о химических свойствах известных лекарственных препаратов при анализе соотношения «структура-активность».</p> <p>Владеть навыками: – анализа влияния структуры ароматического вещества на его свойства.</p>
	<p>ПК-6-н.2 Применяет на практике принципы рационального создания лекарственных веществ.</p>	<p>Знать: – принципы рационального создания лекарственных веществ.</p> <p>Уметь: – разрабатывать эффективные схемы получения биологически активных веществ на основе ароматических соединений.</p> <p>Владеть навыками: – проведения ретросинтетического анализа.</p>
	<p>ПК-6-н.3 Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов лекарственных веществ (соединения-лидера) с учетом требований к его структуре и возможных ограничениях.</p>	<p>Знать: – основные подходы к поиску структурных прототипов лекарственных веществ с учетом требований к его структуре и возможных ограничениях.</p> <p>Уметь: – на основе анализа структуры лекарственных веществ разрабатывать стратегию поиска их структурных прототипов.</p> <p>Владеть навыками: – разработки стратегий поиска структурных прототипов лекарственных веществ</p>

<p>ПК-7-н Способен использовать теоретические представления химии для анализа механизмов химических реакций и реакционной способности органических соединений.</p>	<p>ПК-7-н.1 Выбирает методы исследования закономерностей и механизмов химических процессов, интерпретирует и анализирует полученные результаты.</p>	<p>Знать: – основные типы органических реакций ароматических соединений; – факторы, влияющие на закономерности протекания химических реакций (гет)аренов; – тенденции развития современного органического синтеза. Уметь: – использовать различные методы физико-химического анализа для изучения закономерностей и механизмов химических процессов; – представлять полученные в ходе исследований результаты в виде отчета. Владеть навыками: – проведения исследований реакционной способности ароматических веществ и объяснения полученных результатов.</p>
	<p>ПК-7-н.2 Проводит анализ связи строения с реакционной способностью органических соединений, выявляет корреляции «структура – реакционная способность».</p>	<p>Знать: – строение и химические свойства ароматических и гетероароматических соединений. Уметь: – использовать знания об особенностях строения для заключения о закономерностях реализации различных типов химических превращений; – анализировать научную литературу с целью выбора направления синтеза целевого соединения. Владеть навыками: – анализа данных о влиянии строения ароматических соединений на их реакционную способность.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 acad.ч.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)	
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		самостоятельная работа
1	Ароматические соединения. Классификация. Критерии ароматичности. Строение карбоциклических ароматических углеводов. Энергия сопряжения	1	2	4	0,6		20	Самостоятельная работа. Отчет по лабораторной работе	
2	Реакции S_EAr ароматических углеводов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность	1	2	4	0,6		21	Самостоятельная работа. Отчет по лабораторной работе	
3	Реакция S_NAr ароматических углеводов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность	1	2	4	0,6		20	Самостоятельная работа. Отчет по лабораторной работе	
4	Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих пятичленные гетероциклы	1	2	4	0,6		20	Самостоятельная работа. Отчет по лабораторной работе	
5	Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих шестичленные гетероциклы	1	2	8	0,6		21	Самостоятельная работа. Отчет по лабораторной работе	
						0,3	4,7	Зачет	
	ИТОГО		10	24	3	0,3	106,7		

4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа					
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	
1	Ароматические соединения. Классификация. Критерии ароматичности. Строение карбоциклических ароматических углеводов. Энергия сопряжения				4			Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2	Реакции S_EAr ароматических углеводов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность				4			Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3	Реакция S_NAr ароматических углеводов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность				4			Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4	Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих пятичленные гетероциклы				4			Факультет биологии и экологии ЯрГУ
5	Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих шестичленные гетероциклы				8			Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	ИТОГО				24			

Содержание разделов дисциплины

1. Ароматические соединения. Классификация. Критерии ароматичности. Строение карбоциклических ароматических углеводородов. Энергия сопряжения.

- 1.1. Классификация. Теоретические и экспериментальные критерии ароматичности.
- 1.2. Ароматические углеводороды. Особенности строения.
- 1.3. Ароматические системы с 2 π -, 6 π -, 10 π - и 14 π -электронами. Ароматические системы, для которых правило Хюккеля не применимо.
- 1.4. Энергия сопряжения.
- 1.5. Особенности ¹H ЯМР спектроскопии ароматических соединений.

ЛР № 1. Влияние структуры арена на его устойчивость к действию окислителей.

2. Реакции S_EAr ароматических углеводородов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность

- 2.1. Реакционная способность ароматических углеводородов. Качественные и количественные критерии реакционной способности.
- 2.2. Реакции электрофильного замещения. Реализуемые механизмы. Представление о π - и σ -комплексах. Структура переходного состояния. Арениевые ионы в реакциях электрофильного замещения.
- 2.3. Влияние природы заместителя на реакционную способность аренов.
- 2.4. Кинетический и термодинамический контроль в реакции.

ЛР № 2. Влияние структуры арена на его реакционную способность и селективность реакции ароматического электрофильного замещения.

3. Реакция S_NAr ароматических углеводородов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность.

- 3.1. Классификация механизмов реакций ароматического нуклеофильного замещения.
- 3.2. Индексы реакционной способности: индексы свободной валентности, заряды на атомах, индексы Фукуи, энергии катионной, анионной и радикальной локализации.
- 3.3. Кислотно-основные свойства. Соотношение линейности свободной энергии.

ЛР № 3. Влияние структуры арена на его реакционную способность и селективность реакции ароматического нуклеофильного замещения.

4. Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих пятичленные гетероциклы

- 4.1. Строение. Номенклатура. Классификация. Роль в функционировании живых систем
- 4.2. Реакционная способность гетероциклических соединений содержащих один гетероатом. Химия индола, фурана, тиафена и их конденсированных производных.
- 4.3. Реакционная способность гетероциклических соединений содержащих несколько гетероатомов. Химия диазолов, тиазолов, оксазолов и их конденсированных производных.

ЛР № 4. Электрофильное бромирование индола и пиррола.

5. Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих шестичленные гетероциклы

- 5.1. Строение. Номенклатура. Классификация. Роль в функционировании живых систем
- 5.2. Реакционная способность шестичленных гетероциклических соединений содержащих один гетероатом. Химия пиридина, хинолина и изохинолина.
- 5.3. Реакционная способность шестичленных гетероциклических соединений содержащих несколько гетероатомов. Химия диазинов, пуриновых и пиримидиновых оснований.

ЛР № 5. Реакционная способность пиридина и его производных в реакции с 2-нитрохлораренами.

ЛР № 6. Восстановительная циклизация солей N-(2-нитроарил)пиридиния.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция – последовательное изложение учебного материала в виде монолога преподавателя с применением мультимедийных приложений. Возможно также общение со студентами при рассмотрении примеров и фактов, уже знакомых из смежных учебных дисциплин. Требования к академической лекции: современный научный уровень, информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, современных фактов.

Лабораторные занятия - выполнение лабораторной работы обеспечивает закрепление полученных теоретических знаний, обеспечивает освоение навыков самостоятельной лабораторной работы. Формулировка выводов по полученным результатам учит умению анализировать и обобщать полученные экспериментальные данные, развивает логическое мышление.

Консультации – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения будут задействованы аудитории, оборудованные для проведения лекций, лабораторных и практических занятий, консультаций, фонд библиотеки, синтетическое и аналитическое оборудование, компьютерная техника. Для обеспечения самостоятельной работы студентов по дисциплине преподавателями кафедры разработаны и изданы специальные методические указания, описания выполняемых лабораторных работ (см. перечень основной и дополнительной учебной литературы).

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса используются:

- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

- автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Реутов О.А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 1. – 3-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 567 с.

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=642957&cat_cd=YARUSU

2. Реутов О.А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 2. – 3-е изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 623 с.

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=643328&cat_cd=YARUSU

3. Реутов О.А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин; М-во образования РФ; МГУ. Ч. 3. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 544 с.

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=680219&cat_cd=YARUSU

4. Реутов О.А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 4. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 726 с.

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=643384&cat_cd=YARUSU

б) дополнительная литература

1. Артеменко А.И. Органическая химия: учеб. пособие для вузов. / А.И. Артеменко; М-во образования РФ – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2005. – 605 с.

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=357465&cat_cd=YARUSU

2. Задачи по органической химии с решениями: учеб. пособие для вузов / А.Л. Курц и др.; совет по химии УМО по классическому университетскому образованию. – 4-е изд. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 350 с.

http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=356407&cat_cd=YARUSU

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;

- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.


Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров), лабораторных – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Доцент института
фундаментальной и прикладной химии, к.х.н.

 Р.С. Бегунов

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Строение и реакционная способность ароматических соединений»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Задания для самостоятельной работы

Задания по теме № 1 «Ароматические соединения. Классификация. Критерии ароматичности. Строение карбоциклических ароматических углеводородов. Энергия сопряжения»

1. Раздел 1.1. Приведите примеры реакций циклогексадиенов нехарактерных для аренов.
2. Раздел 1.2. Сравните строение бензола и циклогептатриена. Какие реакции будут характерны для них?
3. Раздел 1.3. Приведите доказательства ароматического характера коронана.
4. Раздел 1.4. Приведите примеры реакций присоединения и окисления аренов.
5. Раздел 1.5. Сравните ¹H ЯМР спектры бензола и циклооктатетраена

Задания по теме № 2 «Реакции S_EAr ароматических углеводородов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность»

1. Раздел 2.1. Опишите качественные и количественные критерии оценки реакционной способности.
2. Раздел 2.2. Опишите механизм реакции получения 2-гидрокси-5-хлорбензофенона.
3. Раздел 2.3. Приведите примеры согласованной ориентации в аренах, способствующей увеличению их реакционной способности по сравнению с незамещенным бензолом.
4. Раздел 2.4. Приведите примеры реакций S_EAr в которых лимитирующей является стадия разрушения σ-комплекса.

Задания по теме № 3. «Реакция S_NAr ароматических углеводородов: механизм, закономерности, влияние строения субстрата на реакционную способность».

1. Раздел 3.1. Приведите примеры реакций «присоединение-отщепление».
2. Раздел 3.2. Примените принцип Фукуи для объяснения реакционной способности *орто*-, *мета*- и *пара*-галогеннитробензолов в реакции с анилином.
3. Раздел 3.3. Что характеризуют константы Гаммета?

Задания по теме № 4. «Гетероароматические соединения. Строение, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих пятичленные гетероциклы»

1. Раздел 4.1. В состав, каких природных соединений, входят пятичленные азотсодержащие гетероциклы.
2. Раздел 4.2. В чем заключаются отличия в химических свойствах индола и фурана?
3. Раздел 4.3. Приведите примеры реакций нитрования бензимидазолов, содержащих электроноакцепторные группы.

Задания по теме № 5. «Гетероароматические соединения. Структура, реакционная способность и роль в природе веществ, содержащих шестичленные гетероциклы»

1. Раздел 5.1. В состав, каких природных соединений, входят конденсированные гетероциклы с узловым атомом азота.

2. Раздел 5.2 Приведите примеры реакций S_NAr хинолина и изохинолина с нитрогалогенаренами.

3. Раздел 5.3. Сравните реакционную способность пиридина и пиримидина в реакции восстановления.

Самостоятельная работа № 1

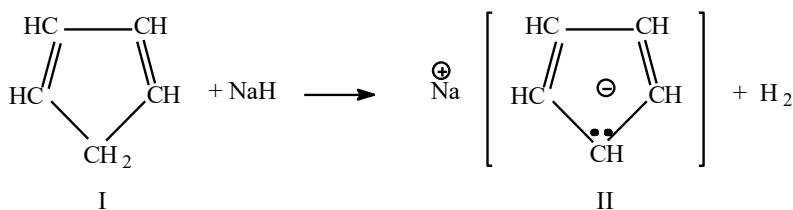
(проверка сформированности ПК-1-н, индикатор ПК-1-н.2.)

Примеры заданий:

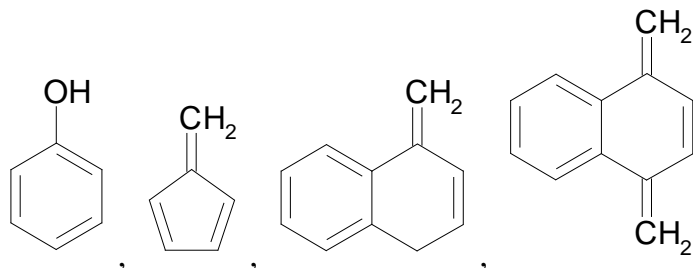
1) Приведите примеры известных вам небензоидных ароматических систем. Объясните их устойчивость.

2) Изобразите схемой и кратко изложите современные представления о строении бензола. В каком валентном состоянии находится атом углерода в молекуле бензола?

3) В реакции циклопентадиена (I) с гидридом натрия (NaH) образуется 1,3-циклопентадиенид натрия (II). Являются ли соединения I и II ароматическими? Ответ обоснуйте.



4) Какие из ниже приведенных соединений являются ароматическими? Ответ обоснуйте.



5) Для каких ароматических систем возможны реакции присоединения. Приведите примеры этих реакций

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

0 баллов – выполнено правильно менее половины задания; 1 балл – задание правильно выполнено более чем на половину; 2 балла – полное выполнение задания.

Максимальное количество баллов за работу – 10.

Набранное количество баллов 9-10 соответствует оценке «отлично», 7-8 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

Самостоятельная работа № 2

(проверка сформированности ПК-7-н, индикатор ПК-7-н.1)

Примеры заданий:

- 1) Назовите основные факторы, определяющие реакционную способность ароматических углеводородов. Ответ поясните примерами.
- 2) Приведите пример реакции ароматического электрофильного замещения.
- 3) Приведите энергетическую диаграмму реакции ароматического электрофильного замещения
- 4) Какой тип констант заместителей нужно использовать для корреляции констант основности и кислотности следующих соединений:



- 5) Как изменяется скорость нитрования в следующем ряду:



Какова преимущественная ориентация при нитровании этих соединений?

- 6) Почему при бромировании N,N-диметиланилина получается 2,4,6-трибром-N,N-диметиланилин, а при нитровании - м-нитро-N,N-диметиланилин?
- 7) Расположите следующие соединения в порядке уменьшения их реакционной способности в реакции нитрования: а) бензол, мезитилен (1,3,5-триметилбензол), толуол, *мета*-ксилол, *пара*-ксилол; б) бензол, бромбензол, нитробензол, толуол; в) ацетанилид (C₆H₅NHCOCH₃), ацетофенон (C₆H₅COCH₃), анилин, бензол.

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

0 баллов – выполнено правильно менее половины задания; 1 балл – задание правильно выполнено более чем на половину; 2 балла – полное выполнение задания.

Максимальное количество баллов за работу – 14.

Набранное количество баллов 12-14 соответствует оценке «отлично», 10-11 баллов – оценке «хорошо», 8-9 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

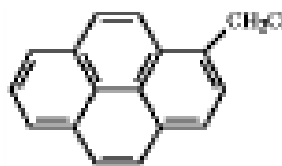
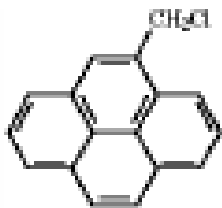
Самостоятельная работа № 3

(проверка сформированности ПК-7-н, индикатор ПК-7-н.1)

Примеры заданий:

- 1) Приведите примеры зарядового и орбитального контроля в химических реакциях.
- 2) Приведите пример реакции викариозного нуклеофильного замещения водорода в аренах.
- 3) Приведите пример реакции нуклеофильного замещения, протекающей по «ариновому» механизму

- 4) Приведите энергетическую диаграмму реакции ароматического нуклеофильного замещения
- 5) Какой из приведенных углеводородов более реакционноспособен в реакции сольволиза по механизму SN1:



- 6) Предложите комбинации субстратов и нуклеофилов, которые позволили бы получить алкил-арильный эфир с лучшим выходом (учтите возможность протекания конкурирующей реакции).

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

0 баллов – выполнено правильно менее половины задания; 1 балл – задание правильно выполнено более чем на половину; 2 балла – полное выполнение задания.

Максимальное количество баллов за работу – 12.

Набранное количество баллов 11-12 соответствует оценке «отлично», 9-10 баллов – оценке «хорошо», 7-8 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

Самостоятельная работа № 4

(проверка сформированности ПК-б-н, индикатор ПК-б-н.3)

Примеры заданий:

- 1) Какими структурными особенностями обусловлен ароматический характер фурана, тиофена и пиррола. Напишите схемы их электронного строения.
- 2) У какого из перечисленных гетероциклических соединений наиболее выражены ароматические свойства, а у какого наименее: фуран, пиррол, тиофен? Объясните.
- 3) Какие из перечисленных ниже соединений являются ароматическими: а) 2-фуральдегид; б) пирролидин; в) 1,3,4-тиадиазол; г) тетрагидротиофен; д) бензофуран?
- 4) В каких случаях нитрование в 1-замещенном пирроле будет проходить по α -углеродному атому, а в каких по β -?
- 5) Расположите в ряд по увеличению кислотных свойств следующие азотсодержащие гетероциклы: а) имидазол, б) триазол, в) пиррол, г) индол, д) тетразол, е) пиразол. Ответ обоснуйте.

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

0 баллов – выполнено правильно менее половины задания; 1 балл – задание правильно выполнено более чем на половину; 2 балла – полное выполнение задания.

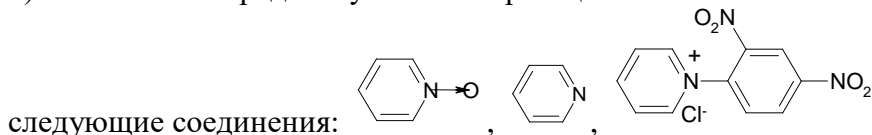
Максимальное количество баллов за работу – 10.

Набранное количество баллов 9-10 соответствует оценке «отлично», 7-8 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

Самостоятельная работа № 5
(проверка сформированности ПК-6-н, индикатор ПК-6-н.1)

Примеры заданий:

- 1) В каких растворителях проводят реакцию кватернизации пиридина?
- 2) Наличие каких заместителей позволяет проводить прямое нитрование пиридина?
- 3) Сравните реакционную способность азинов в процессе S_NAr .
- 4) Расставьте в ряд по убыванию реакционной способности в реакции восстановления



- 5) Напишите примеры реакций латерального металлирования пиридина

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

0 баллов – выполнено правильно менее половины задания; 1 балл – задание правильно выполнено более чем на половину; 2 балла – полное выполнение задания.

Максимальное количество баллов за работу – 10.

Набранное количество баллов 9-10 соответствует оценке «отлично», 7-8 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

Правила выставления оценки по результатам лабораторной работы:

- *Отлично* выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

- *Хорошо* выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся в целом освоил материал лабораторной работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

- *Неудовлетворительно* выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету

1. Ароматические углеводороды. Особенности строения. Понятие ароматичности. Теоретические и экспериментальные критерии ароматичности.
2. Небензoidные ароматические системы.
3. Энергия сопряжения в ароматических системах
4. Реакции электрофильного замещения. Влияние природы заместителя на реакционную способность аренов.
5. Согласованная и несогласованная ориентация реакции S_EAr .
6. Кинетический изотопный эффект реакции S_EAr
7. Нитрующие смеси. Образование электрофильной частицы.
8. Алкилирование и ацилирование аренов в реакции Фриделя-Крафца.
9. Количественная оценка региоселективности электрофильного ароматического замещения (факторы парциальных скоростей).
- 10. Реакции *ipso*-замещения**
11. Механизм реакции нуклеофильного замещения «отщепление-присоединение» в аренах.
12. Механизм реакции нуклеофильного замещения «присоединение-отщепление» в аренах.
13. Викариозное нуклеофильное замещение атома водорода в аренах
14. Роль ароматических гетероциклических соединений в природе.
15. Реакции пиррола по атому азота.
16. Ароматическое электрофильное замещение в пятичленных гетероциклах и их бензаннелированных производных.
17. Реакции ароматического нуклеофильного замещения в шестичленных гетероциклах и их бензаннелированных производных.
18. Реакции гетероциклических соединений с нуклеофильными радикалами. Реакция Минисци
19. Реакции электрофильного присоединения к атому азота пиридина
20. Ароматическое электрофильное замещение в шестичленных гетероциклах и их бензаннелированных производных.
21. Реакции ароматического нуклеофильного замещения в шестичленных гетероциклах и их бензаннелированных производных.
22. Металлоорганические производные гетероциклических соединений.
23. Окисление и восстановление гетероциклических соединений
24. Качественные и количественные критерии реакционной способности. Индексы реакционной способности: индексы свободной валентности, заряды на атомах, индексы Фукуи, энергии катионной, анионной и радикальной локализации. Кислотно-основные свойства. Соотношение линейности свободной энергии.
25. Теоретическое изучение особенностей строения ароматических соединений. Квантово-химическое моделирование.
26. Экспериментальные методы исследования структуры ароматических соединений.
27. Подходы к изучению механизмов реакций ароматических соединений. Влияние растворителя на скорость реакции. Изучение влияния заместителя. Интерпретация экспериментальных данных по оценке реакционной способности ароматических соединений.
28. Связь «структура-свойства». Определение реакционной способности методом конкурирующей реакции.

Зачет выставляется по результатам контрольной работы, включающей по три вопроса из каждой темы, при условии набора по итогам ее выполнения студентом с одной попытки не менее 10 баллов.

Правила выставления оценки по результатам итоговой контрольной:

Оценка по результатам итоговой контрольной считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

0 баллов – выполнено правильно менее половины задания; 1 балл – задание правильно выполнено более чем на половину; 2 балла – полное выполнение задания.

Максимальное количество баллов за работу – 15.

Набранное количество баллов 14-15 соответствует оценке «отлично», 12-13 баллов – оценке «хорошо», 10-11 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 10 баллов – оценке «неудовлетворительно».

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Строение и реакционная способность ароматических соединений»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Строение и реакционная способность ароматических соединений» являются лекции. По всем темам предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным химическим задачам и отработка навыков работы с химическими реактивами, проведения химических реакций и интерпретации их результатов.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач по механизмам химических реакций, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве самостоятельных заданий. Примеры решения заданий разбираются на лекциях и лабораторных занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель выполнения заданий – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы теоретической органической химии. Для решения всех заданий необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению отчетов о выполненных лабораторных исследованиях. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задания, аналогичные разобранным на лекциях и лабораторных занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

В конце изучения дисциплины студенты сдают зачет. Он принимается по результатам контрольной работы, включающей по три вопроса из каждой темы. На самостоятельную подготовку к зачету выделяется 3 дня.

Для подбора учебной литературы рекомендуется использовать ряд интернет-ресурсов:

1. http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ: более 3000 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете.

2. <http://urait.ru>. Электронно-библиотечная система «Юрайт»: мультидисциплинарный ресурс (учебная, научная и художественная литература, периодика)

3. <http://window.edu.ru/catalog>. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам": свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.