

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)

Институт естественных наук

Кафедра химии и биохимии

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института
естественных наук
С.Ю. Гаврик
«14» января 2025 г.

Приложение к рабочей программе учебной дисциплины

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине

Современный катализ в органической синтезе

По направлению подготовки 04.04.01 Химия

Квалификация выпускника: химик

Форма обучения: очная

Курс I

Разработчик

доцент кафедры химии и биохимии
ФГБОУ ВО «ЛГПУ» Полушаненко Е.Г.

Заведующий кафедрой

химии и биохимии

В.Д. Дяченко

Протокол

от «10» января 2025 г. № 6

Луганск, 2025

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – неотъемлемая часть рабочей программы дисциплины (модуля) «Современный катализ в органическом синтезе» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу дисциплины (модуля).

1.2. Цели и задачи фонда оценочных средств

Цель ФОС – установить соответствие уровня подготовки обучающегося требованиям ФГОС ВО бакалавриат по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изменениями и дополнениями).

1.3. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения основной образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения
Профессиональные	
ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	ПК-1.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов

1.4. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
Тема 1. Тонкий органический синтез.	ПК –1	Устный опрос, выполнение практических заданий, контрольная работа
Тема 2. Построение углеродного скелета молекулы.	ПК –1	Устный опрос, выполнение практических заданий, контрольная работа
Тема 3. Построение циклических структур.	ПК –1	Устный опрос, выполнение практических заданий,

		контрольная работа
Тема 4. Ретросинтетический анализ.	ПК –1	Устный опрос, выполнение практических заданий, контрольная работа
Промежуточная аттестация	ПК –1	Зачет (письменный)

1.5. Описание показателей формирования компетенций

Код компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели)
ПК –1	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – закономерности кислотно-основного, нуклеофильного, металлокомплексного гомогенного катализа органических реакций; – закономерности гетерогенного катализа органических реакций; – особенности межфазного катализа органических реакций; – закономерности протекания гетерофазных каталитических реакций; – закономерности протекания гетерогенно-каталитических реакций. <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – намечать пути синтеза новых органических веществ с заданными свойствами, используя современные катализаторы и каталитические системы; – проводить поиск и разработку новых более эффективных путей синтеза известных веществ и препаратов, используя современные катализаторы и технологии. <p>владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – опытом синтеза органических веществ с использованием современных катализаторов и каталитических систем; – опытом поиска и разработки новых более эффективных путей синтеза известных веществ и препаратов, используя современные катализаторы и технологии

1.6. Критерии оценивания компетенций на разных этапах их формирования

Вид учебной работы	Количество баллов		
	ОФО	О-ЗФО	ЗФО
2 семестр			
Устный опрос	20	–	–
Контрольная работа	20	–	–
Самостоятельная работа (разработка плана-конспекта урока, выполнение практических заданий)	40	–	–
<i>Зачет</i>	20		
Всего	100		

Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбалльная система оценивания экзамена	100-балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100-балльной шкале	Система оценивания зачета
---	--------------------	---	---------------------------

Отлично	90-100	А – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	Зачтено
Хорошо	83-89	В – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	
Хорошо	75-82	С – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	
Удовлетворительно	63-74	Д – удовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки	
Удовлетворительно	50-62	Е – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные учебной программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполненных некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетворительно	21-49	FX – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом не сформированы; большинство предусмотренных учебной программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительно самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Не зачтено
Неудовлетворительно	0-20	F – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа	

		над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	
--	--	--	--

2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

2.1. Оценочные средства текущего контроля (типовые)

Вопросы для проведения контрольной работы:

1. Исторические аспекты развития катализа и изучения каталитических процессов. Понятия «катализ» и «катализаторы».
2. Кислотный катализ протонными кислотами (кислотами Бренстеда). Механизм катализа протонными кислотами: A1 и A2.
3. Механизм передачи хиральности в асимметрическом металлокомплексном катализе.
4. Классификация каталитических процессов по химической природе катализатора: кислотно-основной катализ, металлокомплексный катализ, ферментативный катализ, органокатализ.
5. Специфический и общий кислотно-основной катализ.
6. Механизм реакции гидрирования, катализируемой комплексами переходных металлов.
7. Корреляционные соотношения между константами кислотности (основности) и константами скорости реакции для специфического и общего кислотно-основного катализа.
8. Промоторы. Каталитические яды.
9. Стадии и механизм металлокомплексного катализа. Элементарные стадии: окислительное присоединение, реакции внедрения, альфа-, бета- и другие типы элиминирования, гаптотропные перегруппировки, реакции переноса электрона, восстановительное элиминирование, окислительное сочетание и восстановительное расщепление.
10. Принцип действия катализаторов. Скорость химических реакций. Энергетический барьер. Энергетическая диаграмма каталитического процесса. Переходные состояния.
11. Кислотный катализ апротонными кислотами (электрофильный катализ). Суперкислоты Льюиса и комплексные суперкислоты.
12. Комплексы переходных металлов. Природа химической связи и координация молекул. Электронные и пространственные эффекты лигандов. Общее понятие о транс-цис-влиянии и транс-эффекте. "сигма"-Донорные и "пи"-акцепторные свойства лигандов.
13. Виды катализа: гомогенный и гетерогенный катализ, гетерогенно-гомогенный катализ, мицеллярный катализ, межфазный, нанокатализ.
14. Основной катализ. Понятие. Основные типы основных катализаторов. Механизмы основного катализа: B1 и B2.
15. Три типа реакций замещения лигандов в комплексах переходных металлов: диссоциативный, ассоциативный, синхронный.
16. Нуклеофильный катализ. Механизм. Основные типы нуклеофильных катализаторов. Примеры каталитических реакций.
17. Механизм реакции гидроформилирования, катализируемой комплексами переходных металлов. Наиболее распространенные катализаторы гидроформилирования.
18. Практическое использование межфазного катализа в реакциях нуклеофильного замещения (обмен галогенов, получение нитрилов, сложных эфиров, тиолов и сульфидов).
19. Механизм реакции гидросилилирования. Катализаторы Спайера и Карстеда.
20. Классификация гетерогенных катализаторов по принципу действия. Стадии гетерогенного катализа. Области протекания реакций. Адсорбция и хемосорбция реагентов при катализе. Десорбция.
21. Прикладные реакции, катализируемые кислотами и основаниями: алкилирование и сульфирование ароматических углеводородов; этерификация; переэтерификация; реакции по карбонильной группе.
22. Метатезис алкенов: основные типы каталитических реакций. Механизм реакции метатезиса.
23. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (гидрирование и дегидрирование углеводородов).

24. Прикладные реакции, катализируемые кислотами и основаниями: реакции изомеризации углеродного скелета в ряду алициклических соединений (перегруппировка Вагнера-Меервейна, перегруппировка Наметкина); пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки.
25. Вакер-процесс: понятие, механизм, использование в промышленности.
26. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (метатезис алкенов).
27. Прикладные реакции, катализируемые кислотами и основаниями: реакции изомеризации углеродного скелета в ряду алициклических соединений (перегруппировка Вагнера-Меервейна, перегруппировка Наметкина); пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки.
28. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Хека. Типы используемых катализаторов.
29. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (окисление этилена в оксиран).
30. Механизм передачи хиральности в энантиоселективном металлокомплексном катализе. Наиболее распространенные хиральные лиганды в энантиоселективном катализе комплексами переходных металлов.
31. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Кумада. Типы используемых катализаторов.
32. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (окисление этилена в оксиран).
33. Механизм передачи хиральности в энантиоселективном металлокомплексном катализе. Наиболее распространенные хиральные лиганды в энантиоселективном катализе комплексами переходных металлов.
34. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Соногашира. Типы используемых катализаторов.
35. Гетерогенный кислотно-основной катализ. Природа кислотных и основных центров. Кислотные катализаторы и носители (оксид алюминия, силикагель и алюмосиликаты, соли металлов, твердые суперкислоты).
36. Понятие межфазного катализа. Типы межфазных катализаторов.
37. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Сузуки. Типы используемых катализаторов.
38. Гетерогенный кислотно-основной катализ. Природа кислотных и основных центров на поверхности оксидов алюминия и кремния, солей переходных металлов.
39. Механизм межфазного катализа «ониевыми» солями. Каталитический цикл Старкса. Взаимосвязь строения межфазных катализаторов и их активности. Ряд липофильности катионов. Экстракционная способность анионов.
40. Димеризация и олигомеризация (циклоолигомеризация) непредельных соединений при катализе комплексами переходных металлов. Взаимосвязь между строением металлокомплексных катализаторов и направлением реакции.
41. Цеолиты: методы получения, строение кристаллической решетки, каталитические свойства.
42. Механизм межфазного катализа краун-эфирами.
43. Катализируемые комплексами переходных металлов реакции карбонилирования спиртов и галогенпроизводных. Окислительное карбонилирование (синтез акриловой кислоты и ее эфиров из этилена и оксида углерода). Гидрокарбоксилирование непредельных соединений.
44. Гетерогенные катализаторы основного характера (щелочные и щелочноземельные металлы на носителях, оксиды металлов). Их применение в органическом синтезе.
45. Механизм активации молекулярного кислорода в координационной сфере переходных металлов. Эпоксидирование алкенов в присутствии катализаторов на основе W, Mo, V, Ti.
46. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы (гидрирование, дегидрирование, гидратация алкенов, синтезы на основе оксида углерода и водорода, окислительный аммонолиз пропилена, ацетоксилирование диенов, окислительное метилирование углеводородов, полимеризация). Примеры реакций и типы используемых катализаторов.
47. Темплатный синтез: понятие, примеры (получение фталоцианиновых комплексов).
48. Прикладные кислотно-катализируемые реакции: перегруппировка Бекмана. Механизм.
49. Практическое использование межфазного катализа в реакциях C-алкилирования активированных метиленовых групп.

50. Гетерогенный катализ переходными металлами и их соединениями: гидрирование и дегидрирование углеводородов; гидрирование альдегидов, сложных эфиров, нитросоединений, нитрилов.
51. Катализ иммобилизованными катализаторами. Основные подходы к созданию гетерогенных металлокомплексных катализаторов: адсорбция комплексов переходных металлов на носителе; ионное связывание комплексов переходных металлов с носителем; пи-координация комплексов переходных металлов на носителе, играющем роль макролиганда; сигма-связывание комплексов переходных металлов с носителем за счет функциональных групп последнего; включение комплексов переходных металлов в гель. Гетерогенизация на минеральных носителях (кремнеземы, оксид алюминия, алюмосиликаты).
52. Реакции образования и присоединения дихлоркарбена в условиях межфазного катализа.
53. Понятие нанокатализа. Катализ на наночастицах металлов, наноксидах. Полупроводниковые наночастицы, нанопроволоки и нанотрубки. Кластеры. Синтетические дендритные катализаторы. Гетерополисоединения.
54. Асимметрический катализ. Некоторые представления о механизме передачи хиральности. Примеры асимметрических реакций (гидрирование, гидросилилирование, гидроборирование, гидроформилирование, гидроцианирование, арилирование олефинов).

2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Исторические аспекты развития катализа и изучения каталитических процессов. Понятия «катализ» и «катализаторы».
2. Кислотный катализ протонными кислотами (кислотами Бренстеда). Механизм катализа протонными кислотами: A1 и A2.
3. Механизм передачи хиральности в асимметрическом металлокомплексном катализе.
4. Классификация каталитических процессов по химической природе катализатора:
5. Специфический и общий кислотно-основной катализ.
6. Механизм реакции гидрирования, катализируемой комплексами переходных металлов.
7. Корреляционные соотношения между константами кислотности (основности) и константами скорости реакции для специфического и общего кислотно-основного катализа.
8. Промоторы. Каталитические яды.
9. Стадии и механизм металлокомплексного катализа., окислительное сочетание и восстановительное расщепление.
10. Принцип действия катализаторов..
11. Кислотный катализ апротонными кислотами (электрофильный катализ). Суперкислоты Льюиса и комплексные суперкислоты.
12. Комплексы переходных металлов.
13. Виды катализа: гомогенный и гетерогенный катализ, гетерогенно-гомогенный катализ, мицеллярный катализ, межфазный, нанокатализ.
14. Основной катализ. Понятие. Основные типы основных катализаторов. Механизмы основного катализа: B1 и B2.
15. Три типа реакций замещения лигандов в комплексах переходных металлов
16. Нуклеофильный катализ. Механизм. Основные типы нуклеофильных катализаторов. Примеры каталитических реакций.
17. Механизм реакции гидроформилирования, катализируемой комплексами переходных металлов. Наиболее распространенные катализаторы гидроформилирования.
18. Практическое использование межфазного катализа в реакциях нуклеофильного замещения (обмен галогенов, получение нитрилов, сложных эфиров, тиолов и сульфидов).
19. Механизм реакции гидросилилирования. Катализаторы Спайера и Карстеда.
20. Классификация гетерогенных катализаторов по принципу действия. Стадии гетерогенного катализа. Области протекания реакций. Адсорбция и хемосорбция реагентов при катализе. Десорбция.
21. Прикладные реакции, катализируемые кислотами и основаниями: алкилирование и сульфирование ароматических углеводородов; этерификация; переэтерификация; реакции по карбонильной группе.

22. Метатезис алкенов: основные типы каталитических реакций.
23. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (гидрирование и дегидрирование углеводородов).
24. Прикладные реакции, катализируемые кислотами и основаниями
25. Вакер-процесс: понятие, механизм, использование в промышленности.
26. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (метатезис алкенов).
27. Прикладные реакции, катализируемые кислотами и основаниями: реакции изомеризации углеродного скелета в ряду алициклических соединений (перегруппировка Вагнера-Меервейна, перегруппировка Наметкина); пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки.
28. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Хека. Типы используемых катализаторов.
29. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (окисление этилена в оксиран).
30. Механизм передачи хиральности в энантиоселективном металлокомплексном катализе. Наиболее распространенные хиральные лиганды в энантиоселективном катализе комплексами переходных металлов.
31. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Кумада. Типы используемых катализаторов.
32. Механизм активации реагентов при гетерогенном катализе на переходных металлах и их оксидах (окисление этилена в оксиран).
33. Механизм передачи хиральности в энантиоселективном металлокомплексном катализе. Наиболее распространенные хиральные лиганды в энантиоселективном катализе комплексами переходных металлов.
34. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Соногашира. Типы используемых катализаторов.
35. Гетерогенный кислотно-основной катализ.
36. Понятие межфазного катализа. Типы межфазных катализаторов.
37. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Механизм реакции Сузуки. Типы используемых катализаторов.
38. Гетерогенный кислотно-основной катализ. Природа кислотных и основных центров на поверхности оксидов алюминия и кремния, солей переходных металлов.
39. Механизм межфазного катализа «ониевыми» солями. Каталитический цикл Старкса. Взаимосвязь строения межфазных катализаторов и их активности. Ряд липофильности катионов. Экстракционная способность анионов.
40. Димеризация и олигомеризация (циклоолигомеризация) непредельных соединений при катализе комплексами переходных металлов
41. Цеолиты: методы получения, строение кристаллической решетки, каталитические свойства.
42. Механизм межфазного катализа краун-эфирами.
43. Катализируемые комплексами переходных металлов реакции карбонилирования спиртов и галогенпроизводных. Окислительное карбонилирование
44. Гетерогенные катализаторы основного характера (щелочные и щелочноземельные металлы на носителях, оксиды металлов). Их применение в органическом синтезе.
45. Механизм активации молекулярного кислорода в координационной сфере переходных металлов. Эпоксидирование алкенов в присутствии катализаторов на основе W, Mo, V, Ti.
46. Промышленные гетерогенно-каталитические процессы Примеры реакций и типы используемых катализаторов.
47. Темплатный синтез: понятие, примеры (получение фталоцианиновых комплексов).
48. Прикладные кислотно-катализируемые реакции: перегруппировка Бекмана. Механизм.
49. Практическое использование межфазного катализа в реакциях C-алкилирования активированных метиленовых групп.
50. Гетерогенный катализ переходными металлами и их соединениями: гидрирование и дегидрирование углеводородов; гидрирование альдегидов, сложных эфиров, нитросоединений, нитрилов.
51. Катализ иммобилизованными катализаторами. O
52. Реакции образования и присоединения дихлоркарбена в условиях межфазного катализа.
53. Понятие нанокатализа
54. Асимметрический катализ.

