


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
«17» сентября 2025 г.

Приложение к рабочей программе учебной дисциплины

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

Стратегия и тактика органического синтеза

Направление подготовки – 04.04.01 Химия

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная

Курс – 1 (1, 2 семестры)

Разработчик

Профессор кафедры химии и
биохимии ФГБОУ ВО «ЛГПУ»

Доктор химических наук, профессор

Дяченко Владимир Данилович

Заведующий кафедрой

химии и биохимии

 В.Д. Дяченко

Протокол

от «10» сентября 2025 г. № 6

Луганск, 2025

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – неотъемлемая часть рабочей программы дисциплины Стратегия и тактика органического синтеза и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу дисциплины.

1.2. Цели и задачи фонда оценочных средств

Цель ФОС – установить соответствие уровня подготовки обучающегося требованиям ФГОС ВО магистратура 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-2. Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	ПК-2.1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных ПК-2.2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

1.4. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
Раздел 1. Основные понятия органического синтеза, его типы, этапы и принципы	ПК–2	Выполнение лабораторных заданий, контрольная работа
Раздел 2. Планирование органического синтеза	ПК–2	Выполнение лабораторных заданий, контрольная работа
Промежуточная аттестация	ПК–2	Экзамен (1 семестр) (письменный) / Экзамен (2 семестр) (письменный)

1.5. Описание показателей формирования компетенций

Код компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели)
ПК–2	<p>знать: типы синтезов, классификацию реакций органического синтеза, общие принципы синтетического планирования, стратегию и принципы ретросинтетического анализа, образование С-С связей, линейные и конвергентные схемы синтезов, стохастическую хиральность, энантио- и диастереотопные атомы и группы, планирование синтеза соединений с хиральными центрами, характеристику и примеры применения катализаторов различных типов в органическом синтезе, растворители в органическом синтезе: классификация, характеристики, роль в преобразованиях, принципы выбора;</p> <p>уметь: свободно и сознательно уметь использовать методы и приемы органического синтеза; проводить ресинтезы и уметь адаптировать методики синтеза к конкретным условиям проведения синтеза и наличию реактивов; планировать и проводить функционализацию органических соединений и использовать особые методы в препаративной органической химии (получение и превращение функциональных групп; особые методы синтеза, методы ведения защитных групп, электрохимические методы преобразования органических соединений, звукохимические реакции, хемо-, и регионаправленные реакции, краун-эфиры в органическом синтезе, синтез органических красителей, люминофоров, аналогов природных соединений, биологически активных веществ);</p> <p>владеть: навыками работы в научной химической лаборатории, включающие работу с химической посудой, реактивами и оборудованием, работы с библиотекой и с источниками информации; представления результатов; осуществления контроля за выполнением правил техники безопасности и охране труда.</p>

1.6. Критерии оценивания компетенций на разных этапах их формирования

Вид учебной работы		Количество баллов		
		ОФО	О-ЗФО	ЗФО
		1 семестр		
Выполнение и защита лабораторных работ		40	-	-
Решение упражнений и устные ответы на занятиях		20	-	-
Экзамен		40	-	-
Итог за семестр		100	-	-
		2 семестр		
Выполнение и защита лабораторной работы		40	-	-
Решение упражнений и устные ответы на занятиях		20	-	-
Экзамен		40	-	-
Итог за семестр		100	-	-

Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбал- льная 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	
Удовлетво- рительно	63–74	Д – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины 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	
Удовлетво- рительно	50–62	Е – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетво- рительно	21–49	FX – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы	Не зачтено

		не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	
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. Способы планирования синтеза: синтетический и ретросинтетический подходы. Линейная и конвергентная схемы синтеза. Примеры дерева синтеза.
2. Синтоны и их синтетические эквиваленты: понятия целевая молекула, трансформ, синтон, ретрон (частичный и полный). Соответствие синтонов и реагентов (примеры).
3. Понятие об индексе молекулярной сложности. Составление бондсета. Примеры расчетов.
4. Возможности протекания химической реакции: термодинамическая допустимость, наличие канала реакции, термодинамический и кинетический контроль. Понятие о синтетическом методе.
5. Образование С-С связей как ключевая проблема органического синтеза: принципы сборки, гетеролитические реакции, органические ионы, электрофилы и нуклеофилы в образовании связей.
6. Концепция топных отношений: стохастическая (флуктуационная) хиральность, диастереотопные и энантиотопные атомы и группы атомов в молекуле, прохиральность, энантиомерные и диастереомерные переходные состояния.
7. Два типа селективности химической реакции: субстратоселективность и продуктоселективность. Региоселективные реакции. Стереоселективность реакции, отличие от стереоспецифичности. Концепция стереодифференциации. Диастереоселективные реакции. Уменьшение числа стереоизомеров по сравнению с 2^n при проведении реакций с высокой диастереоселективностью.

8. Молекулярный дизайн: структурно-ориентированный и молекулярно-ориентированный. Древовидные молекулы, молекулы с топологической связью. Биомиметика ферментов.
9. Однотрупповые и двугрупповые трансформации: трансформации остова спиртов, карбонильных соединений, разъединение непредельных кетонов, дикетонов.
10. Генерирование ацил-анионов, их нестабильность и реакции. Концепция "Umpolung". Синтоны, возникающие при расчленении 1,2-бифункционального ретрона: "логичный" (естественный) и "нелогичный" (неестественный). Примеры "Umpolung"
11. 1,3-Ретрон в составе дикарбонильных и β -гидроксикарбонильных соединений: Трансформы сложноэфирной и альдольно-кетоновой конденсаций, реакций Михаэля, Манниха и Реформатского как тактические приемы, позволяющие проводить расчленение 1,3-ретрона.
12. Анализ 1,4-дикарбонильного ретрона. Варианты Umpolung: применение α -галокарбонильных соединений и 1-нитроалканов (синтез кетонов по Мак-Мурри). Использование трансформы "сочленение" (R, Tf конденсации) при анализе 1,4-бифункциональных соединений.
13. Ретросинтетический анализ циклов. Первичные циклы и "конверт" полициклических систем. Расчленения по стратегическим связям. Кинетические и термодинамические факторы циклизации. Внутримолекулярные конденсации карбонильных соединений, приводящие к циклизации. Влияние размера образующегося цикла и типа сочленения в полициклических системах.

2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Защита НО-группы в спиртах. Бензильная (Bn), *n*-метоксибензильная (PMB), тетрагидропиранильная (THP) группы.
2. Особенности удаления Bn- и PMB- защитных групп.
3. Изопропилиденная, бензилиденная группы и циклические карбонаты в качестве защитных групп для гликолей.
4. Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: циклические ацетали и тиоацетали.
5. Возможность селективной защиты одной из неравноценных карбонильных групп в молекуле.
6. Условия введения и удаления защитных групп, их устойчивость к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.).
7. Защита карбоксильной группы: бензиловые (Bn) эфиры, оксазолиновая защита.
8. Использование бензиловых эфиров карбоновых кислот для введения заместителей в определенные положения молекулы с последующим селективным удалением группы COOBn.

9. Методы защиты аминогруппы: трифторацетильная защита, БОК-защита, бензоксикарбонильная и фталимидная защиты.
10. Выбор метода защиты, устойчивость защитной группы и ее снятие.
11. Методы активации реакционных центров: активация электрофильных центров, нуклеофильных центров.
12. Влияние природы уходящей группы в реакциях замещения и элиминирования. Выбор растворителя.
13. Выбор оптимальной схемы синтеза органического соединения.
14. Выход, количество стадий, доступность реагентов, селективность реакций и другие факторы эффективности схемы органического синтеза.
15. Новые синтетические методы: темплатный и матричный синтез, тандемные превращения.
16. Основные этапы химического синтеза. Микроволновый метод проведения синтеза.
17. Субстрат, реагент, растворитель, катализатор.
18. Типы катализа, используемые в органическом синтезе.
19. Межфазные катализаторы: краун-эфиры, четвертичные аммонийные соли.
20. Растворители, применяемые в органическом синтезе. Кислотно-основные свойства растворителей.
21. Защитные группы в органическом синтезе.
22. Стратегия использования защитных групп: принципы ортогональной стабильности и модулирования лабильности защитных групп. Защита спиртовой ОН-группы.
23. Защитные группы: метильная, бензильная, т-бутильная, п-метоксибензильная, тритильная, триметилсилильная, трет-бутилдиметилсилильная, тетрагидропиранильная, ацетильная, п-нитробензоильная, пивалоильная.
24. Защита ОН-группы в гликолях: изопропилиденовая, бензилиденовая, этилиденовая защитные группы.
25. Защита ОН-группы в фенолах: метиловые и бензиловые, эфиры, алкоксиоксиметильные и ацильные производные фенолов.
26. Метилендиоксигруппа - для защиты двухатомных фенолов. Защита тиольной группы (бензильная, бензгидрильная).
27. Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: циклические ацетали и тиацетали, енолы и енамины.
28. Защита карбоксильной группы: трет-бутиловые, бензиловые и п-метоксибензиловые эфиры, оксазолиновая защита.
29. Защита аминогруппы: ацильные и карбаматные группы (бензилоксикарбонильная, трет-бутилоксикарбонильная, флуоренилметилоксикарбонильная), алкильная защита.
30. Применение бензолсульфохлорида и бензальдегида для защиты аминогруппы и ее модификации.
31. Защита NH-связей в гетероциклах и амидах.

32. Защита СН-связей в алкинах. Условия введения и удаления защитных групп, устойчивость их к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.).
33. Получение производных на основе карбоновых кислот. Методы получения карбоновых кислот и их производных.
34. Методы активации карбоксильной группы. Хлорангидриды, смешанные ангидриды, активированные эфиры, азиды.
35. Активирующие и конденсирующие агенты: КДИ, реагент Мукаймы, карбодиимиды, реагент Кастро.
36. Пептидный синтез. Стратегия использования защитных групп в пептидном синтезе.
37. Конденсирующие агенты, применяемые в пептидном синтезе. Жидкофазный и твердофазные методы синтеза пептидов.
38. Полимерные матрицы для твердофазного синтеза и области их использования.
39. Синтезы на основе малонового и ацетоуксусного эфира и их аналогов.
40. Реакции декарбоксилирования, декарбетоксилирования, алкилирования, ацилирования, Кневенагеля, Михаэля, Джаппа-Клингемана.
41. Реакции циклизации карбо- и гетероциклических систем на основе 1,3-дикарбонильных соединений, реакции Ганча и Кнора.
42. Методы декарбоксилирования и декарбонилирования. Каталитическое гидрирование. Типы катализаторов гидрирования: металлы платиновой группы, никель Ренея, его разновидности.
43. Катализаторы гомогенного гидрирования, стереоселективное каталитическое гидрирование.
44. Восстановление комплексными гидридами: гидриды бора и алюминия.
45. Борогидрид, цианоборогидрид и триацетокси-борогидрид натрия, их применение в синтезе.
46. Реагенты гидроборирования, используемые в синтезе: диборан и его комплексы, дисиабил- и тексилбораны, 9-BBN, селектриды.
47. Гидроборирование алкенов и алкинов.
48. Гидроборирующие реагенты для стереоселективного гидроборирования и восстановления: пинилборан, альпинборан, CBSоксаборралидины.
49. Алюмогидрид лития, диизобутилалюминий-гидрид (ДИБАЛ-Н), алкоксигидриды алюминия, БИНАЛ-Н. Восстановление растворяющимися металлами.
50. Восстановление ароматических соединений щелочными металлами в жидком аммиаке.
51. Методы окисления органических соединений. Реагенты и катализаторы окисления. Методы окисления с участием металлов: соединения марганца и хрома, серебра, рутения, осмия, АДгидроксилирование.
52. Окисление неметаллическими реагентами: диметилсульфоксид, озон, кислород в присутствии катализаторов, диоксид селена, Десс-Мартин периодинан, пероксиды, надкислоты, оксон, N-метилморфолиноксид, диметилдиоксиран, периодат натрия.

53. Эпоксидирование алкенов. Эпоксидирующие агенты: надкарбоновые кислоты, трет-бутилгидропероксид.
54. Стереоселективность реакции в присутствии комплексов ванадия. Энантиоселективное эпоксидирование методами Шарплесса и Якобсона.
55. Методы образования С-С-связей с помощью металлоорганических реагентов.
56. Литий- и магнийорганические соединения. Синтез магнийорганических соединений.
57. Получение литийорганических соединений литированием и трансметаллированием органических субстратов.
58. Шкала СН-кислотности углеводородов. Литирующие агенты алкиллитии, ЛДА, ЛТМП и катализаторы литирования.
59. Реакции литий- и магнийорганических соединений с водой, диоксидом углерода, альдегидами, кетонами, сложными эфирами, нитрилами, эпоксидами, орто-эфирами, третичными амидами, амидами Вайнреба, борными эфирами, непредельными карбонильными соединениями.
60. Получение аминов с помощью металлоорганических реагентов. Арилирование по Ульману. Медьорганические реагенты.
61. Получение литий-диалкил- и диарилкупратов и их применение в органическом синтезе.
62. Стереохимия присоединения металлоорганических реагентов к карбонильной группе присоединение по и против правила Крама.
63. Методы образования С-С-связей с помощью реакций кросс-сочетания, катализируемых комплексами палладия. Катализаторы кросс-сочетания.
64. Реакции Сузуки, Хека, Кумады, Бушвальда-Хартвига.
65. Сочетание с терминальными алкинами (реакция Соногаширы). Методы образования С=С связей.
66. Реакция метатезиса. Реакции элиминирования алкилгалогенидов, тозилатов, мезилатов.
67. Основания, используемые для элиминирования: трет-бутилат калия, производные пиридина, амидины.
68. Дегидратация спиртов. Дегидратирующие агенты. Синтез алкенов из тозилгидразонов (реакции Шапиро и Бемфорда-Стивенса).
69. Реакция Виттига: получение илидов фосфора, основания, используемые в реакции образования *Z*- и *E*-алкенов.
70. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (реакция Арбузова) и их использование в синтезе алкенов: метод Хорнера-Уодсворда-Эммонса, модификация Стила-Дженари.