

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной (135)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 18 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА»

Направление: 04.04.01 Химия

Органическая химия функциональных материалов

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Евстафьев Сергей Николаевич
Дата подписания: 23.05.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 22.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Анциферов
Евгений Александрович
Дата подписания: 18.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

1.1 Дисциплина «Стратегия органического синтеза» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способен проводить патентно-информационные исследования в области органической химии функциональных материалов	ПК-1.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.3	Способен на основе патентно-информационного исследования оптимизировать и разработать новые методы синтеза	Знать методы анализа патентной информации для выявления трендов и «белых пятен» в области органического синтеза; теоретические основы органического синтеза, механизмы реакций и факторы, влияющие на выход и селективность процессов; критерии оценки новизны и изобретательского уровня технических решений в химии. Уметь сопоставлять патентную информацию с научно-технической литературой (статьи, обзоры, диссертации) для комплексной оценки уровня техники; интерпретировать формулы изобретений и описания способов синтеза, выделять существенные признаки и ограничения; Владеть инструментами сравнительного анализа параметров синтетических методов (выход продукта, число стадий, стоимость реагентов, экологичность); алгоритмами адаптации патентных решений к конкретным лабораторным условиям (подбор аналогов реагентов, масштабирование, учёт ограничений оборудования);

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Стратегия органического синтеза» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Квантово-химические расчёты в органической химии», «Физические методы исследования»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Физико-химические основы современного материаловедения», «Супрамолекулярная химия»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	28	28
лекции	14	14
лабораторные работы	14	14
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Органический синтез: цели и задачи	1	2					2	14	Устный опрос
2	Разработка стратегии и тактики синтеза	2	2	1, 3	5			5	24	Устный опрос
3	Ретросинтетический метод	3	2							Устный опрос
4	Методы изменения углеродного скелета молекулы	4	2	2	3			3	5	Устный опрос
5	Трансформация функциональных групп	5	2	5	3			1	10	Устный опрос
6	Синтоны	6	2							Устный опрос
7	Молекулярный дизайн	7	2	4	3			4	27	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		14		14				116	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Органический синтез: цели и задачи	Введение в предмет. Однозначность цели органического синтеза и ее бесспорность. Синтез как поиск. Синтез как инструмент исследования. Создание новых структур, проблемных для органической химии. Расширение круга известных органических соединений
2	Разработка стратегии и тактики синтеза	Базовые рекомендации по разработке стратегии, общие принципы планирования органического синтеза, синтетический метод, роль планирования в синтезе, варианты стратегии, планирование «от исходных соединений» и «от целевой структуры».
3	Ретросинтетический метод	Основы ретросинтетического анализа. Ретросинтетический путь синтеза направлен от целевой молекулы к исходным веществам, то есть противоположно реальному синтезу. При этом выполняется анализ целевой молекулы в обратном направлении для определения более простых предшественников. Ретросинтетическое упрощение целевой молекулы. Ретросинтетический анализ ациклических целевых структур.
4	Методы изменения углеродного скелета молекулы	Образование связи C-C: ключевая тактическая проблема органического синтеза. Принципы сборки углерод – углеродных связей. Гетеролитические реакции. Электрофилы и нуклеофилы в реакциях образования связей C-C. Удлинение углеродной цепи на один и несколько атомов углерода. Разрыв углеродной цепи. Методы уменьшения длины углеродной цепи. Получение циклических систем из соединений с открытой цепью.
5	Трансформация функциональных групп	Она может потребоваться как на стадии подготовки исходных соединений к проведению основной реакции с целью создания необходимой функциональной группы в будущем участнике конструктивной реакции, так и на стадии заключительных превращений продукта этой реакции. Изогипсические трансформации. Неизогипсические трансформации. Защита функциональных групп
6	Синтоны	Современные тенденции развития органического синтеза ведут к тому, что химик-синтетик будет располагать широким набором выпускаемых промышленностью стандартных молекулярных блоков-заготовок, соединяемых с помощью стандартизированных синтетических методов, позволяющих «встроить» Характерной

		особенностью реагентов является то, что они обычно входят в собираемую молекулу не как целое, а в виде некоторого своего фрагмента. Это приводит к тому, что для введения определённой структурной единицы могут быть использованы различные реагенты. Так, для введения в молекулу электрофила метильной группы может быть использован как CH_3MgI , так и CH_3Li , а для введения ацетильной группы (CH_3CO) могут применяться такие реагенты, как ацетилхлорид, уксусный ангидрид, уксусная кислота и др. Поэтому первые два реагента являются синтетическими эквивалентами карбаниона CH_3^- , а производные уксусной кислоты синтетическим эквивалентом катиона ацилия $\text{CH}_3\text{C}^+\text{O}$. в собираемую молекулу любой требуемый фрагмент
7	Молекулярный дизайн	Молекулярный дизайн – направление в органической химии на создание соединений, которые обладают определёнными физическими, химическими или биологическими свойствами, с привлечением компьютерных, теоретических и экспериментальных методов. Целью молекулярного дизайна является оптимизация структуры целевого соединения для получения максимальной эффективности в выполнении требуемой функции. Структурно-ориентированный дизайн. Функционально-ориентированный дизайн.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 2

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Получение гелиантина (метилоранжа) из бензола	3
2	Получение β -нафтолоранжа из нитробензола и β -нафтола	3
3	Получение нафтолового синего из диметиланилина и α -нафтола	2
4	Получение метиленового голубого из диметиланилина	3
5	Получение п-нитроанилинового красного из нитробензола и β -нафтола	3

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	10
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	14
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	5
4	Подготовка к экзамену	27
5	Проработка разделов теоретического материала	24

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы направлены на обучение магистрантов практическому применению теоретического материала и развитие у них навыков многостадийных синтезов. Ход работы (при выполнении лабораторной работы)

1. Прочитайте теоретическое введение.
2. Выполните синтез и очистку органических соединений в соответствии с методикой.
3. Выполните расчеты, указанные в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.
4. Оформите отчет в установленный преподавателем срок, в соответствии с требованиями к оформлению отчета. Отчеты в назначенный срок сдаются на проверку. Если предусмотрена устная защита лабораторной работы, то до обучающихся доводится перечень вопросов, выносимых на защиту; во время защиты, обучающиеся должны объяснить полученные результаты, отмеченные преподавателем и ответить на его вопросы

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления и углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие элементы:

Подготовка к лабораторным работам

Цель: Теоретическая подготовка к лабораторным занятиям и практическим занятиям

Рекомендации по выполнению:

Необходимо заблаговременно подготовиться к выполнению работы, глубоко изучить соответствующий теоретический материал по лекциям или учебникам, а также по лабораторному практикуму, познакомиться с нормативно-технической документацией по теме. При этом магистрант должен усвоить строение и свойства исходных реагентов и получаемых продуктов; цель работы, методику ее проведения.

Оформление отчетов по лабораторным работам

Цель работы: Закрепить полученные умения и навыки.

Задание: Подготовить отчет по лабораторной работе.

Требования к отчетным материалам:

Отчет по выполнению лабораторной работы состоит из теоретического введения по теме анализа, ходе выполнения лабораторной работы, результатов проведённого исследования

по теме.

Проработка отдельных разделов теоретического курса

Цель: Изучение теоретического материала по дисциплине

Рекомендации по выполнению:

Основой для самостоятельной работы является комплект лекций, которые рекомендуется прорабатывать с карандашом, разбирать структурные формулы, записывать химические уравнения, обосновывать реакционную способность присутствующих химических связей и особенности свойств представителей различных классов.

Другая составляющая самостоятельной работы – работа с рекомендованной учебной литературой. Здесь также необходимо использовать все виды памяти – зрительную, слуховую, устную (вербальную), работу с карандашом и бумагой.

Современное направление самостоятельной работы связано с правильным выбором и постоянным использованием электронных источников информации и систем поиска по ключевым словам в Internet.

При работе с рекомендованной учебной литературой следует составить конспект лекций по темам, вынесенным на самостоятельную проработку. В случае необходимости следует подобрать дополнительную литературу или воспользоваться услугами электронных изданий. Конспектирование материала особенно полезно в том случае, когда рассматриваемые вопросы необходимо осмыслить, что и происходит во время описания материала своими словами, разъяснения его в первую очередь для себя.

Рекомендуется постоянно обращаться к методической, справочной литературе в библиотеку ИРНИТУ и кафедры химии и биотехнологии.

Подготовка к экзамену

Экзамен – заключительная проверка знаний, умений и навыков по всему курсу.

Главная задача состоит в том, чтобы у магистранта в результате подготовки к экзаменам из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к экзамену, магистрант приводит в систему знания, полученные на лекциях, в лабораториях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы курса, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном: если те или другие вопросы курса не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Подготовка не должна ограничиваться чтением лекционных записей.

Первоначальные необработанные конспекты содержат факты, определения, выводы, сделанные преподавателем, но в них, как правило, слабо просматривается связующая идея курса, так как студент, записывая каждую лекцию в отдельности, редко способен сразу и достаточно точно уловить общую направляющую мысль. Поэтому конспект требует дополнительной обработки на основе использования учебников и рекомендованной литературы

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос проводится после изучения определенного раздела дисциплины. Цель - выявить уровень знаний студентов по материалу изученного раздела дисциплины.

Устный опрос может быть индивидуальный – ответы у доски на вопросы по содержанию изученного материала, либо по итогам занятия за активное участие в устных опросах других студентов, ответы на вопросы преподавателя при изложении нового материала и т.д.

Примеры контрольных заданий по каждому модулю приведены ниже

1. Изопентан был прохлорирован в условиях свободно-радикальной реакции, затем тщательной перегонкой смесь продуктов разделили на фракции. Сколько фракций, содержащих вещества с формулой $C_5H_{11}Cl$ было получено? Напишите все реакции.
2. Углеводород состава C_6H_{12} обесцвечивает раствор брома, растворяется в концентрированной серной кислоте, при гидрировании превращается в н-гексан, при энергичном окислении хромовой смесью образует смесь двух различных кислот неразветвленного строения. Определите структурную формулу углеводорода и напишите уравнения всех превращений.
3. Получите трет-пентилбензол реакцией алкилирования бензола, используя все возможные спирты с общей брутто-формулой $C_5H_{12}O$. Отрадите механизм образования электрофила.
4. Ароматическое вещество инден C_9H_8 , обнаруженное в каменноугольной смоле, быстро обесцвечивает Br_2 в CCl_4 и разбавленный $KMnO_4$. Легко поглощает только 1 моль водорода с образованием индана C_9H_{10} . Окисление индена в жестких условиях приводит к фталевой кислоте. Какова структура индена и индана?
5. Исходя из этилена, получите двумя способами янтарную кислоту. Получите ее из малонового эфира и других подходящих реагентов.
6. Получите глутаровую кислоту: 1) синтезом Гриньяра, 2) нитрильным синтезом, 3) при помощи малонового эфира.
7. Получите, исходя из толуола, фенилуксусную кислоту нитрильным синтезом и через металлоорганические соединения.
8. Получите, используя метод Гриньяра, нитрильный и малоновый синтезы, изовалериановую кислоту.
9. Получите фенил-п-толилкетон двумя различными способами.
10. Получите 2-бутанон двумя способами.

Критерии оценивания.

«Отлично» - магистрант глубоко изучил учебный материал; последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; свободно применяет полученные знания на практике, без ошибок, в установленное нормативом время.

«Хорошо» - магистрант твердо знает учебный материал; отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; умеет применять полученные знания на практике.

«Удовлетворительно» - магистрант знает лишь основной материал; на заданные вопросы отвечает недостаточно четко и полно, что требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя;

«Неудовлетворительно» - магистрант имеет отдельные представления об изученном

материала; не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, при ответах допускает грубые ошибки.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-1.3	Демонстрирует способность оптимизировать и разработать новые методы синтеза	устный опрос, экзамен

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в форме устного опроса по билетам, с предварительной подготовкой. Преподаватель вправе задавать вопросы сверх билета, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи по программе данного курса.

Критерии оценки ответа студента на экзамене, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения магистрантов до начала зачета.

Результат экзамена объявляется непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость. В случае неявки магистранта для сдачи зачета в ведомости вместо оценки делается запись «не явился».

Если в процессе экзамена магистрант использовал недопустимые дополнительные материалы (шпаргалки), то преподаватель имеет право изъять шпаргалку и обязан поставить оценку «не-удовлетворительно».

1. Понятие молекулярный дизайн.
2. Структурно-ориентированный дизайн.
3. Функционально-ориентированный дизайн.
4. Цели и задачи органического синтеза.
5. Стратегия и тактика органического синтеза.
6. Общие принципы планирования органического синтеза.
7. Планирование синтеза по литературным данным, по аналогии и "нестандартного".
8. Разбор путей получения некоторых сложных соединений.
9. Кинетический и термодинамический контроль в органическом синтезе.
10. Выбор оптимального пути синтеза органического соединения.
11. Компьютерное планирование синтезов органических соединений.
12. Решение проблем селективности в органическом синтезе.
13. Хемоселективность (функциональная селективность), регио- и стереоселективность.
14. Что такое ретросинтетический анализ? Опишите его основные принципы и роль в планировании органического синтеза.
15. Сравните линейную и конвергентную схемы синтеза: преимущества, недостатки,

примеры применения.

16. Что такое синтон и синтетический эквивалент? Приведите примеры для разных типов ре-акций.

17. Перечислите основные критерии выбора оптимальной схемы синтеза (выход, количество стадий, доступность реагентов и т. д.) и объясните, как они влияют на стратегию.

18. Опишите стратегию использования защитных групп в органическом синтезе. Что означает принцип ортогональной стабильности?

19. Объясните, как стереоселективность учитывается при планировании синтеза.

Приведите примеры методов стереоселективного образования С–С-связей.

20. Каковы основные подходы к построению углеродного скелета молекулы? Перечислите ключевые реакции (Дильса–Льдера, Виттига, метатезис и т. п.).

21. Опишите методы окисления и восстановления, которые наиболее часто используются в стратегическом планировании. Укажите их преимущества и ограничения.

Пример задания:

1. Общие принципы планирования органического синтеза.

2. Перечислите основные критерии выбора оптимальной схемы синтеза (выход, количество стадий, доступность реагентов и т. д.) и объясните, как они влияют на стратегию.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
содержание ответов на вопро-сы свидетель-ствует об уверенных знаниях студен-та и о его уме-нии качественно решать профес-сиональные за-дачи, соответ-ствующие дан-ному этапу под-готовки.	твердо знает учебный материал; отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; умеет применять полученные знания на практике	знает лишь основной материал; на заданные вопросы отвечает не-достаточно четко и полно, что требует до-полнительных и уточ-няющих вопросов пре-подавателя;	имеет отдельные представления об изученном материале; не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, при ответах допускает грубые

7 Основная учебная литература

1. Панькова А.С., Ефремова М.М., Ростовский Н.В. Стратегия органического синтеза. 2021, Изд-во СПбГУ, 94 с.

[Сайт] – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=418283>

2. Грандберг И. И. Органическая химия : учеб. для вузов по агроном. специальностям / И. И. Грандберг, 2004. - 671.

3. Петров Анатолий Александрович. Органическая химия : учеб. для хим.-технол. вузов и ф-ов / Под ред. Петрова А. А., 1981. - 592.

4. Жиряков В. Г. Органическая химия / В. Г. Жиряков, 1971. - 494.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-16697.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Грандберг И. И. Органическая химия : учебник для вузов по агрономическим специальностям / И. И. Грандберг, 2002. - 671.

2. Реутов. Органическая химия, 2004. - 725.

3. Шабаров Ю. С. Органическая химия : учеб. по направлению "Химия": в 2 кн. Ч. 1. Нециклические соединения / Ю. С. Шабаров, 1996. - 493.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>

2. <https://e.lanbook.com/>

3. <http://elib.istu.edu/>

4. <https://нэб.рф/>

5. <http://e.lanbook.com/>

6. <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>

7. Справочная правовая система "Консультант Плюс"

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>

2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007

2. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2008

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 312929 Колориметр Фотоэлектрический КФК-2

2. 312307 Колориметр КФК-2

3. Сушильный шкаф ШС-80-01

4. Сушильный шкаф ШС-80-01

5. Иономер рН-метр "Эксперт -001-3.0.1

6. весы Scout Pro Sru 601 (предел взвеш.600г)

7. Аквадистиллятор ДЭ-4-СЗМО(АДЭа-4)

8. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01

9. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01
10. муфельная печь
11. фотоколориметры КФК-3
12. фотоколориметры КФК-3
13. Аквадистиллятор эл АЭ 10-МО
14. муфельная печь
15. Аквадистиллятор эл.ДЭ-4 Ц
16. фотоколориметр КФК-2
17. Фотоколориметр "КФК-3КМ"
18. Фотометр (фотоэлектроколориметр) КФК-3-01