

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ / О.В. Юсупова

" ____ " _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.11.02 «Планирование и методы органического синтеза»

Код и направление подготовки (специальность)	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль)	Органическая химия
Квалификация	Химик. Преподаватель химии.
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Химико-технологический факультет (ХТФ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Органическая химия"
Кафедра-разработчик	кафедра "Органическая химия"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	468 / 13
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Б1.В.11.02 «Планирование и методы органического синтеза»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 652 от 13.07.2017 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Профессор, доктор
химических наук, профессор
(должность, степень, ученое звание)

В.А Осянин

(ФИО)

Заведующий кафедрой

Ю.Н. Климочкин, доктор
химических наук, профессор
(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета
факультета / института (или учебно-
методической комиссии)

О.В Лаврентьева, кандидат
химических наук, доцент

(ФИО, степень, ученое звание)

Руководитель образовательной
программы

Ю.Н. Климочкин, доктор
химических наук, профессор
(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	8
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	10
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	11
4.1 Содержание лекционных занятий	11
4.2 Содержание лабораторных занятий	26
4.3 Содержание практических занятий	30
4.4. Содержание самостоятельной работы	41
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)	45
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения	46
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем	46
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)	47
9. Методические материалы	48
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)	50

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.1 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	Уметь выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
		ПК-1.2 Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	Уметь составлять общий план исследования и детальные планы отдельных стадий
	ПК-10 Способен проводить научный эксперимент в области синтеза и анализа органических веществ, обрабатывать и грамотно интерпретировать его результаты	ПК-10.5 Осуществляет обоснованный отбор реагентов и методов для синтеза, выделения, очистки и анализа органических соединений	Уметь осуществлять обоснованный отбор реагентов и методов для синтеза, выделения, очистки и анализа органических соединений
		ПК-10.6 Подбирает аппаратурное оформление органических синтетических методов с учетом теоретических знаний о реакционной способности реагентов органического синтеза и селективности синтетических методов	Уметь подбирать аппаратурное оформление органических синтетических методов с учетом теоретических знаний о реакционной способности реагентов органического синтеза и селективности синтетических методов
		ПК-10.7 Использует специализированное программное обеспечение и базы данных для планирования и моделирования научного эксперимента, обработки его результатов	Уметь использовать специализированное программное обеспечение и базы данных для планирования и моделирования научного эксперимента, обработки его результатов
	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	Уметь проводить 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)		Уметь анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	

	ПК-3 Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-3.1 Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	Уметь определять возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	
		ПК-3.2 Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Уметь систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализировать ее и сопоставлять с литературными данными	
	ПК-4 Способен определять способы, методы и средства решения прикладных задач в рамках НИР и НИОКР	ПК-4.1 Готовит детальные планы отдельных стадий прикладных НИР и НИОКР	Уметь готовить детальные планы отдельных стадий прикладных НИР и НИОКР	
		ПК-4.2 Предлагает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	Уметь предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	
		ПК-4.3 Проводит испытания инновационной продукции	Уметь проводит испытания инновационной продукции	
	ПК-9 Способен выдвигать концепции синтеза и модификации органических соединений с заданными свойствами	ПК-9.4 Применяет профессионально профилированные знания в области синтетической и структурной органической химии для выбора рациональных способов синтеза и модификации органических соединений	Уметь применять профессионально профилированные знания в области синтетической и структурной органической химии для выбора рациональных способов синтеза и модификации органических соединений	
		ПК-9.5 Использует методологию ретросинтетического анализа для выстраивания стратегии и отбора тактических приемов направленного многостадийного синтеза органических соединений	Уметь использовать методологию ретросинтетического анализа для выстраивания стратегии и отбора тактических приемов направленного многостадийного синтеза органических соединений	
	Универсальные компетенции			
	Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Владеть планированием цели и установлением приоритетов при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.
				Уметь применять методы теоретического исследования, анализировать информацию, логически верно и аргументировано строить устную и письменную речь, выражать и обосновывать свою позицию, критически оценивать накопленный опыт.

		УК-1.2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	Владеть навыками работы с учебной литературой по базовым химическим дисциплинам.
			Знать основные понятия и законы базовых химических дисциплин.
		УК-1.3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками самостоятельной работы с библиотечно-информационными ресурсам
			Знать основные концепции химии на различных этапах исторического развития науки, систему подходов и методов, используемых в химических исследованиях, методологические аспекты химии.
		УК-1.4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов	Владеть навыками решения типовых учебных задач по базовым химическим дисциплинам.
			Уметь выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин.
Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	Знать содержание процессов организации и образования, их особенностей и технологической реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.
			Уметь находить ответ на поставленные задачи, опираясь на полученные ранее знания, умения и навыки.
		УК-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Владеть планированием цели и установлением приоритетов при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.
			Уметь давать аргументированное обоснование постановки задачи и планирования теоретических и экспериментальных исследований.
		УК-2.3 Планирует необходимые ресурсы, в том числе, с учетом их заменяемости	Знать теоретические основы базовых химических дисциплин.
			Уметь применять логические операции для систематизации информации.

		<p>УК-2.4 Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования с учетом имеющихся ограничений</p>	<p>Знать классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований; основы инновационной деятельности.</p> <p>Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p>
		<p>УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта</p>	<p>Владеть навыками оценки достоверность полученных данных, формулировать выводы.</p>
			<p>Знать основные научные подходы к исследуемому материалу</p>
<p>Коммуникация</p>	<p>УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>УК-4.1 Устанавливает и развивает профессиональные контакты в соответствии с потребностями совместной деятельности, включая обмен информацией и выработку единой стратегии взаимодействия</p>	<p>Владеть стилями делового общения на государственном языке и иностранном языке в зависимости от цели и условий партнерства</p> <p>Уметь использовать базовые современные методы и технологии научной коммуникации, в том числе информационные, на государственном и иностранном языке</p>
		<p>УК-4.2 Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)</p>	<p>Владеть навыками составления и корректного перевода академического и профессионального текста.</p> <p>Уметь Использовать информационно-коммуникационные технологии для поиска, обработки и представления информации.</p>
		<p>УК-4.3 Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных публичных мероприятиях, включая международные, выбирая наиболее подходящий формат</p>	<p>Владеть навыками публичного выступления, аргументации, ведения дискуссии и полемики в сфере научной и профессиональной, а также социокультурной коммуникации на русском языке.</p> <p>Уметь представлять свою точку зрения при деловом общении и в публичных выступлениях.</p>
		<p>УК-4.4 Аргументированно и конструктивно отстаивает свои позиции и идеи в академических и профессиональных дискуссиях на государственном языке РФ и иностранном языке</p>	<p>Владеть навыками ведения академической и профессиональной дискуссии на государственном и иностранном языке</p>

			Знать риторические правила и приемы подготовки и произнесения речей в сфере научной и профессиональной, а также социокультурной коммуникации на русском языке.
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	УК-6.1 Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания	Владеть технологиями организации процесса самообразования; приемами целеполагания во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.
			Знать содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-1	Вычислительные методы в химии; Информационные технологии в химии; Основы молекулярной биологии; Пространственное строение молекул; Современные методы идентификации и выделения органических соединений; Строение и реакционная способность органических соединений; Химическое моделирование	Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
ПК-10	Современные методы идентификации и выделения органических соединений	Катализ в органическом синтезе; Кинетические методы в органической химии; Методы энантиоселективного синтеза; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная; Химия алициклических и каркасных соединений; Химия гетероциклических соединений; Химия природных органических соединений; Химия элементоорганических соединений	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика

ПК-2	Информационные технологии в химии; Основы молекулярной биологии; Пространственное строение молекул; Современные методы идентификации и выделения органических соединений; Строение и реакционная способность органических соединений; Химическое моделирование	История и методология химии; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
ПК-3	Вычислительные методы в химии; Основы молекулярной биологии; Пространственное строение молекул; Строение и реакционная способность органических соединений	История и методология химии; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
ПК-4	Современные методы идентификации и выделения органических соединений	Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
ПК-9	Пространственное строение молекул; Строение и реакционная способность органических соединений	Катализ в органическом синтезе; Кинетические методы в органической химии; Методы энантиоселективного синтеза; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная; Химия алициклических и каркасных соединений; Химия гетероциклических соединений; Химия природных органических соединений; Химия элементоорганических соединений	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
УК-1	Вычислительные методы в химии; Информационные технологии в химии; Квантовая химия; Математика; Органическая химия; Правоведение; Психология и педагогика; Современные методы идентификации и выделения органических соединений; Уравнения математической физики; Учебная практика: ознакомительная практика; Физика; Философия; Химическое моделирование; Экономика	История и методология химии; Методика преподавания химии; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная; Производственная практика: педагогическая практика	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
УК-2	Органическая химия; Правоведение; Практико-ориентированный проект; Системы искусственного интеллекта; Учебная практика: ознакомительная практика; Экономика	Практико-ориентированный проект; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика

УК-4	Адаптивные информационно-коммуникационные технологии; Аналитическая химия; Деловая коммуникация; Иностранный язык; История (история России, всеобщая история); Кристаллохимия; Органическая химия; Психология и педагогика; Психология социальных коммуникаций; Русский язык и культура коммуникаций; Социология; Учебная практика: проектная практика; Философия; Химические основы биологических процессов	История и методология химии; Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная; Производственная практика: педагогическая практика	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика
УК-6	Адаптивные информационно-коммуникационные технологии; История (история России, всеобщая история); Органическая химия; Психология и педагогика; Системы искусственного интеллекта; Социология; Учебная практика: ознакомительная практика; Учебная практика: проектная практика; Философия	Производственная практика: научно-исследовательская работа, рассредоточенная; Производственная практика: педагогическая практика	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-исследовательская работа, выделенная; Производственная практика: преддипломная практика

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	8 семестр часов / часов в электронной форме	9 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	256	128	128
Лабораторные работы	128	64	64
Лекции	64	32	32
Практические занятия	64	32	32
Внеаудиторная контактная работа, КСР	54	18	36
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	95	25	70
выполнение курсовых работ	22	0	22
подготовка к лабораторным работам	26	10	16
подготовка к практическим занятиям	43	11	32
составление конспектов	4	4	0
Контроль	63	45	18
Итого: час	468	216	252
Итого: з.е.	13	6	7

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Введение в органический синтез	8	36	8	17	69
2	Курсовая работа	0	0	0	22	22
3	Основы «Зеленой химии»	2	8	4	3	17
4	Ретросинтетический анализ	14	8	12	4	38
5	Неизогиписические трансформации органических соединений	14	20	12	6	52
6	Методы построения углеродного скелета молекулы	26	56	28	43	153
	КСР	0	0	0	0	54
	Контроль	0	0	0	0	63
	Итого	64	128	64	95	468

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
8 семестр				
1	Введение в органический синтез	Общая характеристика органического синтеза.	Практическое проведение синтеза. Факторы, определяющие выбор оптимального пути синтеза органического соединения. Выход, число стадий, условия реакций. Исходные соединения для синтеза: их доступность, устойчивость, токсичность, пожаро- и взрывоопасность как критерии оптимального синтеза. Хемоселективность реагента. Реакции региоселективные, хемоселективные и стереоселективные (диастереоселективные и энантиоселективные). Хемо-, регио- и стереоспецифичные реакции. Однореакторный синтез (one-pot synthesis), матричный метод Меррифилда. Проведение реакций на твердых носителях. Преимущества и недостатки твердофазного и жидкофазного синтезов, выбор твердой подложки, линкеры. Примеры создания комбинаторных библиотек. Понятие о темплатном синтезе, многокомпонентных, тандемных и домино-реакциях (реакции Манниха, Биджинелли, Гевальда, Ганча, Вильгеродта-Киндлера, Бухерера-Бергса, Пассерини, Уги, синтез Штреккера-Зелинского, тандемная реакция Дильса-Альдера). Классификация домино-реакций. Синтез тропинона по Робинсону.	2

2	Введение в органический синтез	Общая характеристика органического синтеза (продолжение).	Субстрат, реагент, растворитель, катализатор. Межфазный катализ: краун-эфиры, ТЭБАХ, аликват 336, тритон В. Растворители, их типы. Кислотно-основные свойства растворителей, автопротолиз. Понятие о суперкислотах, примеры реакций в суперкислых средах. Основания, используемые в органическом синтезе. Понятие о супероснованиях: ситема трет-бутилат калия – ДМСО, смесь "LICKOR". Суперкритические жидкости (флюиды) как растворители. Методы очистки растворителей: ацетон, ацетонитрил, бензол, толуол, гексан, ГМФТА, ДМСО, ДМФА, диоксан, эфир, ТГФ, метанол, этанол, пиридин, нитрометан, хлороформ, хлористый метилен, четыреххлористый углерод, этилацетат. Использование ионных жидкостей в органическом синтезе.	2
3	Введение в органический синтез	Нетрадиционные методы активации химических реакций.	Проведение реакций при высоком давлении (основные принципы, примеры реакций). Микроволновая активация. Взаимодействие микроволнового излучения с веществом (ориентационная поляризация диполей, ионная проводимость). Причины ускорения реакций; влияние микроволнового излучения на селективность реакций; экспериментальные условия проведения микроволнового синтеза (оборудование, методики синтезов (в среде растворителей, без растворителей, на твердых носителях, в проточных реакторах)). Примеры реакций, ускоряемых микроволновым излучением.	2
4	Введение в органический синтез	Нетрадиционные методы активации химических реакций (продолжение).	Сонохимическая и механохимическая активация. Флэш-вакуумный пиролиз. Основы метода, аппаратное оформление, применение в органическом синтезе. Органическая фотохимия. Законы фотохимии. Прямое возбуждение, физическая и химическая сенсбилизация. Квантовый выход первичной фотохимической реакции и полный квантовый выход. Основные типы фотохимических реакций: фотоэлиминирование (карбонилсодержащих соединений, азосоединений, алифатических diaзосоединений); фотозамещение; фотоизомеризация (реакция Бартона, E,Z- и валентная фотоизомеризация, миграция двойной связи, молекулярные перегруппировки); фотоприсоединение (реакция Патерно-Бюхи); сенсбилизированные реакции. Техника эксперимента: источники света, реакторы и методика проведения фотолиза. Лазерный флэш-фотолиз.	2
5	Основы «Зеленой химии»	Экологические аспекты органического синтеза	Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. Основные принципы "зеленой химии". Количественные оценки в "зеленой химии": атомная экономия, эффективность по углероду, реакционная массовая эффективность, E-фактор, массовая интенсивность и массовая производительность.	2

6	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа.	Основные понятия ретросинтетического анализа. Основные понятия ретросинтетического анализа: целевая молекула (TM), трансформ, синтон, ретрон, хирон, билдинг-блок. Типы трансформов: расчленение (D), сочленение (R), введение функциональной группы (FGA), замена одной функциональной группы на другую (FGI), перегруппировка (Rt). Ретроны частичные и полные. Соответствие синтонов и реагентов. Примеры акцепторных и донорных синтонов и их синтетических эквивалентов. Два варианта ретросинтетического анализа: поиск пути синтеза, когда исходное вещество задано и когда известно лишь целевое соединение (TM). Борьба с "арифметическим демоном"; синтез линейный и конвергентный. Уменьшение молекулярной сложности как основная стратегическая линия ретросинтетического анализа. Принцип "малых укусов" (small bites).	2
7	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа (продолжение)	"Мощные реакции" синтеза. Тактические приемы, помогающие в планировании синтеза: узнавание доступных исходных соединений в частях молекулы, учет симметрии, вспомогательные ключи. Основные этапы ретросинтетического анализа: превращение функциональных групп в кислородсодержащие (FGI); определение типов ретронов, содержащихся в молекуле; выбор первичного расчленения; проведение необходимых расчленений в соответствии с типом ретрона; применение тактики FGA. Типы стратегий в ретросинтетическом анализе. Стратегии, базирующиеся на трансформах, на ретронах, на функциональных группах; топологические и стереохимические стратегии.	2
8	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа (продолжение).	Альтернирование зарядов в сопряженной и в насыщенной углеводородной цепи, содержащей на одном из концов акцепторный заместитель (Д. Зеебах). Синтоны "логичные" (естественные) и "нелогичные" (неестественные). Концепция обращения полярности "Umpolung". Ацил-анионы как d1-реагенты. Эквиваленты ацил-анионов в реакциях образования C-C-связи: производные 1,3-дителиана, ациклические тиацетали, монооксиды тиацеталей кетена, трис(арилтио)ортомуравьиный эфир, защищенные циангидрины альдегидов. Аминонитрилы как двойные d1-синтоны. Реакции альдегидов в условиях катализа цианид-ионом и солями тиазолия: бензоиновая конденсация и реакция Штеттера. Другие варианты реализации "Umpolung": анионы алкинов-1, соли ациформ 1-нитроалканов, ?-лителированные виниловые эфиры, алленовые производные как эквиваленты ацил-анионов. Эквиваленты d1-синтона -CO ₂ R. Цианид-ион, как реагент, соответствующий синтону HOOC-.	2

9	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа (продолжение).	<p>Реакция Дильса-Альдера как одна из "мощных реакций" для создания шестичленного цикла. Диен и диенофил. Реакция Дильса-Альдера с прямыми и обращенными электронными требованиями. Типы реакции Дильса-Альдера: карборреакция, гетерореакция, 1,4-циклоэлиминирование. Ретрореакция. Катализ в реакции Дильса-Альдера. Стереохимия реакции, эндо-правило. Региоселективность циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Региоселективность гетерореакции. ?-Хлоракрилонитрил как синтетический эквивалент кетена в реакции Дильса-Альдера. Использование ?-пиранов в качестве диенов. ?-Нитроалкены как реагенты для синтеза циклогексиламинов. о-Хинодимеры в качестве диенов, их генерирование и использование в межмолекулярных процессах [4+2]-циклоприсоединения. Понятие о метилениминах и метилениминиминах.</p>	2
10	Ретросинтетический анализ	Защитные группы в синтезе.	<p>Условия введения и удаления защитных групп, устойчивость их к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Стратегия использования защитных групп: принципы ортогональной стабильности и модулированной лабильности. Защита С-Н-связей в алифатических и ароматических соединениях. Защита ?-метиленовой группы кетонов. Защита С-Н-связей в ароматических соединениях за счет стерического экранирования активного о-положения и за счет ориентации вновь вводимого заместителя. Защита ненасыщенных связей. Получение дигалогенидов, моногалогенидов и галогенгидринов. Защита олефинов окислением и получением диолов. Защита С-Н-связей в алкинах, ее применение в синтезах ди- и полиинов (Глазер, Кадио-Ходкевич). Синтезы на основе 3-бромпропионовой кислоты.</p>	2

11	Ретросинтетический анализ	Защитные группы в синтезе (продолжение).	<p>Защита спиртовой ОН-группы: образование простых и сложных эфиров, ортоэфиров, ацеталей и кеталей. Защитные группы: бензильная, п-метоксибензильная, тритильная, ди(п-метокси)тритильная, аллильная, трет-бутильная, триметилсилильная, трет-бутилдиметилсилильная, тетрагидропиранильная, метоксиметильная. Защита ОН-группы в гликолях: изопропилиденовая, бензилиденовая, этилиденовая защитные группы. Циклические карбонаты. Защита ОН-группы в фенолах: алкилирование и ацилирование. Защита через трет-бутиловые, тетрагидропираниловые, фенацетиловые, триметилсилиловые эфиры фенолов. Создание и удаление метильной защитной группы (под действием бромида алюминия и этилмеркаптана, под действием этантиолята натрия в ДМФА, галогенидов бора, триметилсилилиодида, хлорида пиридиния и др.). Метилendioкси-защитная группа для двухатомных фенолов. Защита тиольной группы (бензильная, п-метоксибензильная, ацетильная). Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: ацетали, кетали и их тиоаналоги. Защита с помощью енольных и енаминовых производных. Защита карбонильных соединений путем перевода в оксимы, семикарбазоны и замещенные гидразоны. Особенности защиты ароматических альдегидов и кетонов. Другие защитные группы: циангидрины, окса- и тиазолидины, имидазолидины, основания Шиффа. Селективная защита одной из неравноценных карбонильных групп в молекуле (пространственная доступность, наличие или отсутствие сопряжения карбонильной группы с двойной связью C=C). Условия введения и удаления защитных групп, их устойчивость к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.).</p>	2
----	---------------------------	--	---	---

12	Ретросинтетический анализ	Защитные группы в синтезе (продолжение).	<p>Защита карбоксильной группы: бензиловые, метиловые, этиловые, трет-бутиловые, 2,2,2-трихлорэтиловые эфиры. Современные методы синтеза сложных эфиров. Удаление сложноэфирных защитных групп. Оксазолиновая защита. Защита аминогруппы. Протонирование и хелатирование. Защита ацилированием: формильная, ацетильная, бензоильная, фталоильная, сукциноильная, бензилоксикарбонильная, трет-бутилоксикарбонильная (БОК) группы. Защита аминосоединений путем получения алкильных и арильных производных: бензильных, тритильных, аллильных и др. Применение бензолсульфохлорида и бензальдегида для защиты аминогруппы и ее модификации. Другие производные: фосфорильные, сульфенильные, силильные. Условия введения и удаления перечисленных защитных групп, их устойчивость к воздействию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Особенности защиты гидразинов и гидроксилминов. Способы защиты третичных аминов: протонирование, образование четвертичных солей, образование N-оксидов.</p>	2
13	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп.	<p>Декарбоксилирование карбоновых кислот и их солей. Декарбоксилирование эфиров замещенных малоновых кислот (NaCl-ДМФА). Радикальное декарбоксилирование по Бартону. Декарбонилирование альдегидов на металлическом паллади и фосфиновых комплексах палладия. Бисдекарбоксилирование с помощью тетраацетата свинца (IV). Восстановительные системы. Водород в присутствии катализатора, металл в присутствии источника H⁺, комплексные гидриды алюминия и бора. Гидрирование. Типы катализаторов гидрирования: черни, окиси (катализатор Адамса), катализаторы на носителях. Металлы платиновой группы, никель Ренея, его разновидности. Борид никеля (P-1-Ni и P-2-Ni). Катализаторы для гидрирования при низком и высоком давлении, катализатор Лэзира (хромит меди). Зависимость скорости гетерогенного гидрирования от кислотности среды. Относительная скорость гидрирования функциональных групп и кратных связей. Гидрогенолиз связей углерод-гетероатом. Каталитические яды. Зависимость скорости и стереохимии процесса гидрирования от природы катализатора и строения субстрата. Селективность гидрирования. Понятие о гаптофильности. Ионное гидрирование. Восстановление растворенными металлами. Восстановление енонов. Реакция Бёрча (селективность процесса, применение в синтезе циклогексенонов и ациклических соединений).</p>	2

14	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп (продолжение).	.Нуклеофильные восстанавливающие агенты. Комплексные гидриды металлов как восстановители: боргидрид натрия, алюмогидрид лития, алкоксиалюмогидриды и алкоксиборгидриды. Механизм и стереохимия реакций восстановления. Пространственно затрудненные комплексные гидриды. Модификация комплексных гидридов солями металлов и кислотами Льюиса. Хемоселективность восстановления карбонильной группы алкоксигидридами. Региоселективность восстановления с помощью Redal. Понятие о супергидридах: L- и LS-селектриды, их применение. Цианоборгидрид натрия и боргидрид цинка как восстановители. Восстановительное алкилирование аминов с использованием цианоборгидрида натрия в кислой среде. Алкилирование аминов в системе NaBH ₄ – карбоновая кислота. Электрофильные восстановители: DIBAL и диборан. Диизобутилалюминийгидрид как восстановитель, его получение. Гидроалюминирование алкинов, его обратимость и стереоселективность. Восстановление альдегидов, кетонов, ?,?-енонов, сложных эфиров и нитрилов с помощью DIBAL. транс- Гидроалюминирование спиртов пропаргилового типа. Восстановление функциональных групп дибораном и его комплексами с простыми эфирами, аминами и сульфидами. Восстановление алкенов и алкинов через гидроборирование.	2
15	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп (продолжение).	Методы селективного восстановления карбонильной группы. Восстановление ?,?-непредельных альдегидов и кетонов. Восстановление ?,?-енонов боргидридом натрия в присутствии CeCl ₃ (Луше). Побочные процессы при восстановлении непредельных карбонильных соединений комплексными гидридами: внутримолекулярное гидроалюминирование и гидроборирование. Восстановление альдегидной группы в присутствии кетонной, кетонной в присутствии альдегидной. Восстановление кетонной группы в присутствии сложноэфирной и карбоксильной группы в присутствии кетонной или сложноэфирной. Восстановление сложных эфиров в присутствии амидов или нитрилов. Методы замещения галогена на водород: каталитическое гидрирование, металлоорганические соединения, системы металл + спирт, сплав Ренея, Bu ₃ SnH. Внутримолекулярная радикальная циклизация алкенил- и алкинилгалогенидов и тиоэфиров под действием трибутилловогогидрида.	2

16	Неизогиписические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп (продолжение).	<p>Методы дезаминирования: восстановление четвертичных аммониевых солей и третичных аминов, дезаминирование через соли арилдиазония. Восстановление связи C-N с помощью H_2NOSO_3H, CH_3SNa, Bu_3SnH. Дезоксигенирование спиртов и фенолов; использование тозилатов и мезилатов, N-фенилкарбаматов фенолов, система фосфор-йод, триалкилсиланы.</p> <p>Дезоксигенирование o-нитробензолсульфонилгидразином в условиях реакции Мицунобу.</p> <p>Дезоксигенирование спиртов с помощью триметилсилилиодида и цинка.</p> <p>Дезоксигенирование через ксантогенаты (Бартон – Мак-Комби). Превращение фенолов в анилины (перегруппировка Смайlsa) с последующим дезаминированием. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов. Дезоксигенирование через 1,3-дитиоланы и 1,3-дитианы (метод Мозинго). Применение гидридов алюминия и бора, дезоксигенирование через тозилгидразоны. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена, их ограничения. Реагенты для восстановления сложных эфиров, S-ацилмеркаптанов, хлорангидридов, нитрилов, амидов до альдегидов: водород (Розенмунд), алкоксиалюминийгидриды, Redal. Амиды Вайнреба.</p>	2
Итого за семестр:			32	
9 семестр				
17	Неизогиписические трансформации органических соединений	Методы окисления органических соединений.	<p>Уровень окисления углеродного центра и классификация функциональных групп и их взаимопревращений. Изогиписические трансформации. Неизогиписические трансформации как пути переходов между различными уровнями окисления. Реагенты окисления: соединения марганца и хрома, пероксиды, надкислоты, диоксид селена, озон, диметилсульфоксид, дихлордицианохинон (DDQ), реагент Десса-Мартина, реагент Фетизона, нитрат аммония-церия (IV). Реакция дегидрирования. Окисление спиртов до альдегидов и кетонов. Окисление аллиловых и бензиловых спиртов, ацилоинов. Окисление с помощью диметилсульфоксида: превращение алкилгалогенидов (Корнблюм), тозилатов и спиртов в альдегиды и кетоны. Методы Моффетта (дициклогексилкарбодимид) и Сверна (трифторуксусный ангидрид). Синтез ароматических альдегидов из бензилгалогенидов через четвертичные аммониевые соли (Соммле; в присутствии p-нитрозодиметиланилина) и нитроны (Крэнке).</p>	2

18	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы окисления органических соединений (продолжение)	<p>Окисление спиртов и кетонов гипохлоритом натрия в двухфазной системе в присутствии TEMPO. Реагенты для окисления альдегидов в карбоновые кислоты. Превращение α,β-непредельных альдегидов в сложные эфиры. Окисление простых эфиров в сложные. Окисление по связи C-H: получение ароматических альдегидов, окисление алкенов по аллильному положению трет-бутилпероксибензоатом, CrO_3 в присутствии бутанола, синглетным кислородом, диоксидом селена (понятие о еновой реакции). Окисление терминальных алкинов. Дегидрирование под действием хинонов как акцепторов водорода. Окисление кетонов диоксидом селена. Оксигенирование карбанионов. Окисление алкенов галогеном в присутствии основания (бромо- и иодолактонизация непредельных карбоновых кислот) и в присутствии соли серебра (цис- (Вудворд) и транс- (Прево) гидроксирование алкенов). Эпоксидирование алкенов. Эпоксидирующие агенты: надуксусная, трифторнадуксусная и м-хлорнадбензойная (MCPBA) кислоты, диоксираны. Получение диоксиранов из оксона. Эпоксидирование непредельных кетонов бензолпероксимидовой кислотой (реагент Пейна).</p>	2
19	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы окисления органических соединений (продолжение)	<p>Особенности эпоксидирования α,β-непредельных кетонов, карбоновых кислот и их эфиров. Отношение альдегидов к надкислотам. Реакция Байера-Виллигера и ее конкуренция с эпоксидированием по связи C=C. Трет-бутилгидропероксид как эпоксидирующий агент. Эпоксидирование аллиловых спиртов. Энантиоселективное эпоксидирование по Шарплессу (в присутствии изопропилата титана и эфира винной кислоты). Правило Шарплесса для определения конфигурации эпоксида. Окислительное расщепление связи углерод-углерод. Окисление алкенов перманганатом калия до карбоновых кислот (в том числе в условиях межфазного катализа) и до альдегидов. Укорочение цепи карбоновых кислот на одно метиленовое звено (деградация по Барбье-Виланду) и на три группы CH_2 (модификация Мишера). Расщепление 1,2-диолюв иодной кислотой и тетраацетатом свинца. Озонолиз алкенов, механизм реакции. Восстановительное и окислительное расщепление озонидов (1,2,4-триоксоланов). Селективность озонирования, вызванная электронными эффектами заместителей при двойной связи.</p>	2

20	Методы построения углеродного скелета молекулы	Карбены и карбеноиды в органическом синтезе.	<p>Основные группы карбенов. Методы генерирования: из диазосоединений, тозилгидразонов, галогенпроизводных, депротонирование катионов $RCH=X^+$. Синглетные и триплетные карбены: поведение в различных реакциях. Синтезы на основе реакций 1,1-циклоприсоединения карбенов к непредельным соединениям (реакция с алкенами, алленами, алкинами). Реакции карбенов с сопряженными диенами и ароматическими соединениями. Реакции карбенов с соединениями, содержащими кратные связи углерод-гетероатом. Синтезы на основе реакций внедрения (Раймер-Тиман, Вольф, синтез алленов по Дерингу, внедрение по связи C-H). Использование карбеноидов; реакция Симмонса-Смита. Нитрены как аналоги карбенов. Стабильные карбены. Карбены Фишера. Реакция Дёца. Метатезис алкенов. Катализаторы метатезиса. Ен-иновый метатезис и метатезис алкинов.</p>	2
21	Методы построения углеродного скелета молекулы	Региоселективные методы орто-функционализации аренов.	<p>Традиционные методы введения заместителей в о-положения ароматических соединений: перегруппировки Фриса и Кляйзена, реакция Манниха, нитрование в орто-положение, реакции Раймера-Тимана и Кольбе-Шмидта. Орто-литоирование: региоселективность, направляющие группы, использование в синтезе функциональных производных аренов. Анионная перегруппировка Фриса. Дегидробензол: методы генерирования и использование в синтезе 1,2-дизамещенных аренов.</p>	2

22	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания одинарной углерод-углеродной связи с помощью металлоорганических реагентов.	Литий- и магнийорганические соединения, их получение из органогалогенидов и металла. Использование магния Рике для синтеза магнийорганических соединений. Литирование органических субстратов. Шкала СН-кислотности углеводов. Особенности синтеза винильных и аллильных литий- и магнийорганических соединений. Литирование N,N-диалкилкротилкарбаматов как метод синтеза гомоенолятов. Реакции литий- и магнийорганические соединений с различными электрофильными агентами. Литий- и магнийорганические соединения аллильного типа как эквиваленты аллил-аниона. 1,3-Аллильный сдвиг. Комплексы аллилникеля в реакциях алкилирования и в синтезе циклопентенонов. Синтетические эквиваленты аллильного дианиона. Генерирование аллил-анионов депротонированием. Медьорганические реагенты в синтезе. Реакции Ульмана, Стефенса-Кастро, синтез диенов (Глазер-Эглинтон, Кадио-Ходкевич). Получение литийдиалкилкупратов. Их строение. Купраты низшего порядка: гомокупраты Гилмана, гетерокупраты. Купраты высшего порядка: цианокупраты. Реакция литийдиалкилкупратов с альдегидами. Реакции с галогенопроизводными различных типов, ацилгалогенидами, оксиранами, α,β -непредельными альдегидами и кетонами. Стереоселективность сочетания с 1-алкенилгалогенидами. Комплексы медьорганических соединений с галогенидами магния, их использование в синтезе. Реакция с терминальными алкинами (карбокуприрование).	2
23	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания одинарной углерод-углеродной связи с помощью металлоорганических реагентов (продолжение).	Реакции кросс-сочетания магний-, цинк-, олово-, кремний и борорганических соединений с органогалогенидами, катализируемые комплексами палладия (Хараш, Негиши, Стилле, Хияма, Сузуки). Получение катализаторов - комплексов палладия. Окислительное присоединение - восстановительное элиминирование как элементарные акты в реакциях кросс-сочетания. Стереоспецифичность сочетания с 1-алкенилгалогенидами. Сочетание с терминальными алкинами (Сонагашира) и с алкенами (Хек). Аллилирование по Тсуи-Тросту.	2

24	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания двойной углерод-углеродной связи.	<p>Кислотно-катализируемая дегидратация спиртов. Дегидратирующие агенты. Ограничения синтетического использования реакции. Дегидратация спиртов по Бургессу. Создание двойной связи углерод-углерод реакциями элиминирования из алкилгалогенидов, тозилатов, мезилатов. Основания, используемые при этом: трет-бутилат калия, диэтиланилин, производные пиридина и хинолина, амидины (DBN, DBU). Пиролитические реакции син-элиминирования: синтез алкенов термолизом ксантогенатов (Чугаев), N-окисей третичных аминов (Коуп), сложных эфиров, сульфоксидов и селеноксидов. Стереоспецифический синтез цис- и транс-алкенов из 1,2-диолюв (Кори, Уинтер). Региоселективный синтез алкенов из тозилгидразонов (реакции Шапиро и Бэмфорда-Стивенса).</p>	2
25	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания двойной углерод-углеродной связи (продолжение).	<p>Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алкенов. Требования к реагентам и аппаратному оформлению синтеза. Растворители. Техника проведения реакции. Направленное получение Z- и E-алкенов: роль солей лития, бессолевой метод. Синтез терминальных алкинов по Кори-Фучу. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэлис-Арбузов) и их использование в синтезе алкенов (вариант Хорнера-Уэдсворта-Эммонса). Область применения реакции. ?-Гетероатомные карбанионы в реакциях с карбонильными соединениями. Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига. Стереонаправленный синтез Z- и E-алкенов из ?-силилированных кетонов. ?-Сульфонилзамещенные карбанионы как реагенты олефинирования. Реакция Джулиа-Лижо, модификация с использованием N-фенилтетразолилсульфонов. Метиленирование карбонильных соединений карбеновыми комплексами титана (Теббе, Петасис). Илidy серы в реакциях с альдегидами и кетонами. Реакция Кори-Чайковского. Синтез алкенов из ?-галогенсульфонов (реакция Рамберга-Бэклунда).</p>	2

26	Методы построения углеродного скелета молекулы	Алкилирование карбонильных соединений.	<p>Алкилирование карбонильных соединений. Особенности алкилирования циклических α-дикетонов. Амбидентный характер енолят-анионов. Контроль региоселективности алкилирования кетонов, основанный на модификации исходного субстрата, изменения природы основания и полярности растворителя. Кинетически- и термодинамически контролируемые процессы енолизации, условия их осуществления. Методы генерирования ионных енолятов с помощью алкоголятов и амидов щелочных металлов. Применение пространственно затрудненных амидов. Азотсодержащие производные альдегидов и кетонов в реакции α-алкилирования. Ионные еноляты карбоновых кислот и их производных. Еноляты цинка в реакции Реформатского. Реакции ковалентных енолятов с электрофилами. Синтез и свойства силиленолятов. Енамины как эквиваленты енолят-ионов (Сторк). Региоселективность образования енаминов. С-алкилирование енаминов и конкуренция с [3,3]-сигматропной перегруппировкой в случае аллилгалогенидов. Силильные производные вторичных аминов в синтезе енаминов. Альдольно-кратоновая конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Направленная альдольная конденсация с помощью литиевых енолятов. Конденсация силиловых эфиров енолов с альдегидами, кетонами, ацеталями и кеталями (Мукайма). Использование формильных (гидроксиметиленовых) производных для региоселективного алкилирования кетонов. Триметилендитиотозилат (1,3-бис(тозилтио)пропан) в этих реакциях. Бутилтио-блокирующая группа.</p>	2
----	--	--	--	---

27	Методы построения углеродного скелета молекулы	Алкилирование карбонильных соединений (продолжение).	<p>Генерирование винилогов енолятов и их синтетических эквивалентов. Особенности алкилирования енолятов α,β-непредельных кетонов, имеющих α-протон. Равновесие между α,β- и β,γ-енонами. Гомоеноляты и гомоенолизация. Производные трехчленных циклов как синтетические эквиваленты гомоенолятов. d_3-реагенты с защищенной карбонильной группой. Гетероатом-замещенные аллильные анионы: анионы аллилсиланов, сульфидов, аминов, аллиловых эфиров. Аллилкарбаматы. Гомоальдольная реакция. Реакция Михаэля, ее механизмы. Доноры и акцепторы Михаэля. Основания Манниха и α-хлоркетоны как синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля; региоселективное получение оснований Манниха (трифторацетаты и перхлораты иминия). Прямое α-метиленирование кетонов солями иминия. Региоселективность присоединения нуклеофилов к α,β-непредельным карбонильным соединениям. Реакция Михаэля с гетероатомными и C-нуклеофилами. Взаимодействие с цианидами, нитронатами, анионами 1,3-дикарбонильных соединений, енаминами, силиленолятами, силилацетатами кетенов, аллилсиланами (реакция Хосоми-Сакураи), аллил- и алленилстаннанами, триалкилборанами. Металлоорганические соединения в реакции Михаэля. Условия региоселективного 1,2- и 1,4-присоединения реактивов Гриньяра. Применение купратов (механизм реакции, синтез 1,5- и 1,6-дикарбонильных соединений, взаимодействие с α,β-ненасыщенными сложными эфирами и амидами). Тандемное 1,4-присоединение - α-алкилирование.</p>	2
28	Методы построения углеродного скелета молекулы	Алкилирование карбонильных соединений (продолжение).	<p>Нитроалкены в качестве акцепторов Михаэля (взаимодействие с α-дикарбонильными соединениями, енолятами лития, енаминами, силиленолятами, силилацетатами кетенов). Сопряженное присоединение C-нуклеофилов в присутствии стерически затрудненных кислот Льюиса. 1,6- и 1,4-Присоединение нуклеофилов к хлорангидридам ароматических кислот. Использование производных пропиоловой кислоты в качестве акцептора Михаэля. Аннелирование по Робинсону. Синтетические эквиваленты α,β-енонов: α-хлоркетоны (их синтез реакцией Кондакова), основания Манниха и α-силилированные винилкетоны. Силиленоляты и енамины в реакциях аннелирования. Реагент Назарова. Его получение и использование в создании карбо- и гетероциклических структур. Дилитиевое производное пропаргилового спирта в реакциях аннелирования с образованием пятичленного карбоцикла. Бис- и трис-аннелирование. Spiro-аннелирование с помощью илидов серы (метод Троста-Богдановича). Реакция Бейлиса-Хиллмана: исходные реагенты, катализаторы, механизм. Использование комбинации различных нуклеофилов и кислот Льюиса вместо третичных аминов.</p>	2

29	Методы построения углеродного скелета молекулы	Применение кремнийорганических соединений в синтезе.	<p>Особенности кремнийорганических соединений по сравнению с их углеродными аналогами. Склонность атома кремния к образованию связей с атомами O, Cl и F. Нуклеофильное замещение при атоме кремния. Фторид-ион как высоко селективный агент десилилирования. Влияние атома кремния на стабильность α-карбониевого центра и α-карбанионного центра. Стерический эффект группы Me_3Si. Использование триметилхлорсилана в ацилоиновой конденсации. Триметилсилилцианид: его получение и применение в синтезе α-аминоспиртов и α-гидроксинитрилов. Простые силиловые эфиры как O-нуклеофилы (синтетические эквиваленты спиртов). Силиловые эфиры енолов, их получение из кетонов (триметилсилилтрифлат), α,β-непредельных кетонов, α-дикетонов, эфиров α-кетокислот и производных малонового эфира. Силоксины, диен Данишефского (1-метокси-3-триметилсилоксибутadiен-1,3) и его применение в синтезе алициклов и гетероциклов. Генерирование литиевых и тетраалкиламмониевых енолятов из силиловых эфиров енолов (Сторк). Применение силиловых эфиров енолов в альдольной конденсации, реакциях Манниха и Михаэля. Синтез 1,4-дикетонов через нитроалкены.</p>	2
30	Методы построения углеродного скелета молекулы	Применение кремнийорганических соединений в синтезе (продолжение).	<p>Винилсиланы, их получение из магнийорганических соединений, из кетонов и тозилгидразина (на базе реакции Шапиро) и реакцией гидросилилирования. Восстановление алкинилсиланов алюмогидридом лития и водородом; стереоселективность этих реакций. Ациклические винилсиланы как синтетические эквиваленты кетонов. Применение α-литированных силанов для синтеза алкенов (Петерсон). Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига. Стереонаправленный синтез Z- и E-алкенов из α-силилированных кетонов. Синтез силилированных диенов и их использование в реакции Дильса-Альдера. Аллилсиланы. Их получение из магний- и литийорганических соединений. Десилилирование аллилсиланов с перемещением связи $\text{C}=\text{C}$ при действии электрофильных реагентов. Этинилсиланы, их получение. Присоединение аллилсиланов и этинилсиланов к альдегидам и кетонам, инициируемое фторид-ионом. Использование триметилсилильной группы в качестве защитной группы для связи C-H в терминальных алкинах. Способы удаления защитной Me_3Si-группы: под действием спиртового раствора KF, метанольного раствора щелочи, а также сочетанием реагентов: нитрат серебра - цианид калия. Защита гидроксильной группы. Стабильность силильных защитных групп к кислотному гидролизу. Ацилсиланы: получение, применение.</p>	2

31	Методы построения углеродного скелета молекулы	Применение борорганических соединений в синтезе.	<p>Гидроборирование алкенов: регио- и стереоселективность реакции.</p> <p>Взаимодействие диборана со стерически затрудненными алкенами: получение ди- и трисиамилборана, тексил- и дитексилборана. Реагенты гидроборирования, используемые в синтезе: диборан и его комплексы, дисиадил- и тексилбораны, 9-BBN, пирокатехинборан. Окисление триалкилборанов в спирты. Реакции с анионами, генерируемыми из галоформов, ?-галогенкарбонильных соединений и родственных веществ. Реакции алкенил- и алкилборанов с галогенами.</p> <p>Карбонилирование органоборанов: синтез альдегидов, кетонов, первичных и третичных спиртов. Цианирование боранов как альтернатива карбонилированию. Образование связи С-С в результате радикальной реакции: реакции с ?,?-непредельными карбонильными и родственными соединениями. Бороновые кислоты: получение, применение в реакциях кросс-сочетания.</p>	2
32	Методы построения углеродного скелета молекулы	Сигматропные перегруппировки.	<p>Сигматропные перегруппировки, порядок перегруппировки. Синтезы на основе [3,3]-сигматропных перегруппировок.</p> <p>Перегруппировки аллиловых эфиров енолов и фенолов (Кляйзен). Методы синтеза аллилвиниловых эфиров (переэтерификация алкилвиниловых эфиров, по реакции Виттига, по Теббе и Петасису). Перегруппировка аллиловых эфиров ?-кетокислот и бис-анионов на основе аллилацетоацетатов (реакция Кэррола). Перегруппировки Джонсона-Кляйзена, Айрленда-Кляйзена, Эшенмозера-Кляйзена. Стереохимические особенности реакций. Тиа- и аза-перегруппировки Кляйзена.</p> <p>Перегруппировка Овермана.</p> <p>Перегруппировки 1,5-диенов (Коуп). Оксиперегруппировка Коупа и ее алкоксидный вариант. Каскадные превращения с использованием перегруппировки Коупа на примере синтеза цитраля и 3-ацилпирролидинов. Аза-перегруппировка Коупа. 1,2- и 2,3-Перегруппировки Виттига, Мейзенгеймера, Стивенса. Механизм 1,2-анионных сдвигов. Перегруппировка Соммле-Хаузера. Орто-алкилирование фенолов и анилинов через окса- и азасульфониевые соли. Синтез изатинов и индолов по Гассману. Перегруппировка аллиловых эфиров карбоновых кислот. Синтез индолов по Фишеру. Аномальная перегруппировка Кляйзена как частный случай еноленовых перегруппировок.</p>	2
Итого за семестр:				32
Итого:				64

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
-----------	----------------------	----------------------------	---	--

53	Методы построения углеродного скелета молекулы	Конденсации с участием карбонильных соединений.	Конденсации с участием карбонильных соединений. Получение метиленбисдимедона. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
54	Методы построения углеродного скелета молекулы	Конденсации с участием карбонильных соединений.	Конденсации с участием карбонильных соединений. Получение метиленбисдимедона. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
55	Методы построения углеродного скелета молекулы	Конденсации с участием карбонильных соединений.	Конденсации с участием карбонильных соединений. Получение 4-(3-метокси1Н-имидазол-1-илметил)фенола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
56	Методы построения углеродного скелета молекулы	Конденсации с участием карбонильных соединений.	Конденсации с участием карбонильных соединений. Получение 4-(3-метокси1Н-имидазол-1-илметил)фенола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
57	Методы построения углеродного скелета молекулы	Конденсации с участием карбонильных соединений.	Конденсации с участием карбонильных соединений. Получение нитрила коричной кислоты. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
58	Методы построения углеродного скелета молекулы	Конденсации с участием карбонильных соединений.	Конденсации с участием карбонильных соединений. Получение нитрила коричной кислоты. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
59	Методы построения углеродного скелета молекулы	Реакция Анри	Получение 2-нитро-1-(3-нитрофенил)этанола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
60	Методы построения углеродного скелета молекулы	Реакция Анри	Получение 2-нитро-1-(3-нитрофенил)этанола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
61	Методы построения углеродного скелета молекулы	Реакция Анри	Получение 2-(1-гидрокси-2-нитроэтил)фенола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
62	Методы построения углеродного скелета молекулы	Реакция Анри	Получение 2-(1-гидрокси-2-нитроэтил)фенола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
63	Методы построения углеродного скелета молекулы	Реакция Анри	Получение 2-(1-гидрокси-2-нитроэтил)фенола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
64	Методы построения углеродного скелета молекулы	Реакция Анри	Получение 2-(1-гидрокси-2-нитроэтил)фенола. Проведение расчетов реагентов для выполнения экспериментальной работы, сборка установки, проведение синтеза, выделение и очистка конечного продукта.	2
Итого за семестр:				64
Итого:				128

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
8 семестр				

1	Введение в органический синтез	Общая характеристика органического синтеза	Реакции региоселективные, хемоселективные и стереоселективные (диастереоселективные и энантиоселективные). Хемо-, регио- и стереоспецифичные реакции. Однореакторный синтез (one-pot synthesis), матричный метод Меррифилда. Понятие о темплатном синтезе, многокомпонентных, tandemных и domino-реакциях (реакции Манниха, Биджинелли, Гевальда, Ганча, Вильгеродта-Киндлера, Бухерера-Бергса, Пассерини, Уги, синтез Штреккера-Зелинского, tandemная реакция Дильса-Альдера). Синтез тропинона по Робинсону.	2
2	Введение в органический синтез	Общая характеристика органического синтеза (продолжение)	Межфазный катализ: краун-эфиры, ТЭБАХ, аликват 336, тритон В. Понятие о суперкислотах, примеры реакций в суперкислых средах. Основания, используемые в органическом синтезе. Понятие о супероснованиях: ситема трет-бутилат калия - ДМСО, смесь "LICKOR".	2
3	Введение в органический синтез	Нетрадиционные методы активации химических реакций	Сонохимическая и механохимическая активация. Флэш-вакуумный пиролиз. Основы метода, аппаратное оформление, применение в органическом синтезе. Органическая фотохимия. Законы фотохимии. Прямое возбуждение, физическая и химическая сенсбилизация. Квантовый выход первичной фотохимической реакции и полный квантовый выход.	2
4	Введение в органический синтез	Нетрадиционные методы активации химических реакций (продолжение)	Основные типы фотохимических реакций: фотоэлиминирование (карбонилсодержащих соединений, азосоединений, алифатических diaзосоединений); фотозамещение; фотоизомеризация (реакция Бартона, E,Z- и валентная фотоизомеризация, миграция двойной связи, молекулярные перегруппировки); фотоприсоединение (реакция Патерно-Бюхи); сенсбилизированные реакции.	2
5	Основы «Зеленой химии»	Экологические аспекты органического синтеза	Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. Основные принципы «зеленой химии».	2
6	Основы «Зеленой химии»	Экологические аспекты органического синтеза (продолжение)	Количественные оценки в «зеленой химии»: атомная экономия, эффективность по углероду, реакционная массовая эффективность, E-фактор, массовая интенсивность и массовая производительность.	2

7	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа	<p>Два варианта ретросинтетического анализа: поиск пути синтеза, когда исходное вещество задано и когда известно лишь целевое соединение (ТМ). Борьба с "арифметическим демоном"; синтез линейный и конвергентный. Принцип "малых укусов" (small bites). "Мощные реакции" синтеза. Тактические приемы, помогающие в планировании синтеза: узнавание доступных исходных соединений в частях молекулы, учет симметрии, вспомогательные ключи. Основные этапы ретросинтетического анализа: превращение функциональных групп в кислородсодержащие (FGI); определение типов ретронов, содержащихся в молекуле; выбор первичного расчленения; проведение необходимых расчленений в соответствии с типом ретрона; применение тактики FGA.</p>	2
8	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа (продолжение)	<p>Альтернирование зарядов в сопряженной и в насыщенной углеводородной цепи, содержащей на одном из концов акцепторный заместитель (Д. Зеебах). Синтоны "логичные" (естественные) и "нелогичные" (неестественные). Ацил-анионы как d1-реагенты. Эквиваленты ацил-анионов в реакциях образования C-C-связи: производные 1,3-дителиана, ациклические тиацетали, монооксиды тиацеталей кетена, трис(арилтио)ортомуравьиный эфир, защищенные циангидрины альдегидов. Аминонитрилы как двойные d1-синтоны. Реакции альдегидов в условиях катализа цианид-ионом и солями тиазолия: бензоиновая конденсация и реакция Штеттера. Другие варианты реализации "Umpolung": анионы алкинов-1, соли ациформ 1-нитроалканов, ?-лителированные виниловые эфиры, алленовые производные как эквиваленты ацил-анионов. Эквиваленты d1-синтона -CO₂R. Цианид-ион, как реагент, соответствующий синтону HOOC-.</p>	2
9	Ретросинтетический анализ	Основные понятия ретросинтетического анализа (продолжение)	<p>Реакция Дильса-Альдера как одна из "мощных реакций" для создания шестичленного цикла. Диен и диенофил. Реакция Дильса-Альдера с прямыми и обращенными электронными требованиями. Типы реакции Дильса-Альдера: карборреакция, гетерореакция, 1,4-циклоэлиминирование. Ретроореакция. Катализ в реакции Дильса-Альдера. Стереохимия реакции, эндо-правило. Региоселективность циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Региоселективность гетерореакции. ?-Хлоракрилонитрил как синтетический эквивалент кетена в реакции Дильса-Альдера. Использование ?-пиранов в качестве диенов. ?-Нитроалкены как реагенты для синтеза циклогексиламинов. о-Хинодимеры в качестве диенов, их генерирование и использование в межмолекулярных процессах [4+2]-циклоприсоединения. Понятие о метилениминах и метилениминиминах.</p>	2

10	Ретросинтетический анализ	Защитные группы в синтезе	Устойчивость защитных групп к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Защита С-Н-связей в алифатических и ароматических соединениях. Защита ?-метилоксогруппы кетонов. Защита С-Н-связей в ароматических соединениях за счет стерического экранирования активного о-положения и за счет ориентации вновь вводимого заместителя. Защита ненасыщенных связей. Получение дигалогенидов, моногалогенидов и галогенгидринов. Защита олефинов окислением и получением диолов. Защита С-Н-связей в алкинах, ее применение в синтезах ди- и полиинов (Глазер, Кадио-Ходкевич).	2
11	Ретросинтетический анализ	Защитные группы в синтезе (продолжение)	Защита спиртовой ОН-группы: образование простых и сложных эфиров, ортоэфиров, ацеталей и кеталей. Защитные группы: бензильная, п-метоксибензильная, тритильная, ди(п-метокси)тритильная, аллильная, трет-бутильная, триметилсилильная, трет-бутилдиметилсилильная, тетрагидропиранильная, метоксиметильная. Защита ОН-группы в гликолях: изопропилиденная, бензилиденная, этилиденная защитные группы. Циклические карбонаты. Защита ОН-группы в фенолах: алкилирование и ацилирование. Защита через трет-бутильные, тетрагидропиранильные, фенацетиловые, триметилсилильные эфиры фенолов. Создание и удаление метильной защитной группы (под действием бромида алюминия и этилмеркаптана, под действием этантиолята натрия в ДМФА, галогенидов бора, триметилсилилиодида, хлорида пиридина и др.). Метилendioкси-защитная группа для двухатомных фенолов. Защита тиольной группы (бензильная, п-метоксибензильная, ацетильная). Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: ацетали, кетали и их тиоаналоги. Защита с помощью енольных и енаминовых производных. Защита карбонильных соединений путем перевода в оксимы, семикарбазоны и замещенные гидразоны. Особенности защиты ароматических альдегидов и кетонов. Другие защитные группы: циангидрины, окса- и тиазолидины, имидазолидины, основания Шиффа.	2

12	Ретросинтетический анализ	Защитные группы в синтезе (продолжение)	<p>Защита карбоксильной группы: бензиловые, метиловые, этиловые, трет-бутиловые, 2,2,2-трихлорэтиловые эфиры. Современные методы синтеза сложных эфиров. Удаление сложноэфирных защитных групп. Оксазолиновая защита. Защита аминогруппы. Протонирование и хелатирование. Защита ацилированием: формильная, ацетильная, бензоильная, фталоильная, сукциноильная, бензилоксикарбонильная, трет-бутилоксикарбонильная (БОК) группы. Защита аминосоединений путем получения алкильных и арильных производных: бензильных, тритильных, аллильных и др. Другие производные: фосфорильные, сульфенильные, силильные. Условия введения и удаления перечисленных защитных групп, их устойчивость к воздействию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Особенности защиты гидразинов и гидроксилминов. Способы защиты третичных аминов: протонирование, образование четвертичных солей, образование N-оксидов.</p>	2
13	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп	<p>Декарбоксилирование карбоновых кислот и их солей. Декарбоксилирование эфиров замещенных малоновых кислот (NaCl-ДМФА). Радикальное декарбоксилирование по Бартону. Декарбонилирование альдегидов на металлическом палладии и фосфиновых комплексах палладия. Бисдекарбоксилирование с помощью тетраацетата свинца (IV). Восстановительные системы. Водород в присутствии катализатора, металл в присутствии источника H⁺, комплексные гидриды алюминия и бора. Гидрирование. Типы катализаторов гидрирования: черни, окиси (катализатор Адамса), катализаторы на носителях. Металлы платиновой группы, никель Ренея, его разновидности. Борид никеля (P-1-Ni и P-2-Ni). Ионное гидрирование. Восстановление растворенными металлами. Восстановление енонов. Реакция Бёрча (селективность процесса, применение в синтезе циклогексенонов и ациклических соединений).</p>	2

14	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп (продолжение)	<p>Нуклеофильные восстанавливающие агенты. Комплексные гидриды металлов как восстановители: боргидрид натрия, алюмогидрид лития, алкоксиалюмогидриды и алкоксиборгидриды. Механизм и стереохимия реакций восстановления. Пространственно затрудненные комплексные гидриды. Модификация комплексных гидридов солями металлов и кислотами Льюиса. Хемоселективность восстановления карбонильной группы алкоксигидридами. Региоселективность восстановления с помощью Redal. Понятие о супергидридах: L- и LS-селектриды, их применение. Цианоборгидрид натрия и боргидрид цинка как восстановители. Восстановительное алкилирование аминов с использованием цианоборгидрида натрия в кислой среде. Алкилирование аминов в системе NaBH₄ – карбоновая кислота. Электрофильные восстановители: DIBAL и диборан. Диизобутилалюминийгидрид как восстановитель, его получение. Гидроалюминирование алкинов, его обратимость и стереоселективность. Восстановление альдегидов, кетонов, ?,?-енонов, сложных эфиров и нитрилов с помощью DIBAL. транс-Гидроалюминирование спиртов пропаргилового типа. Восстановление функциональных групп дибораном и его комплексами с простыми эфирами, аминами и сульфидами. Восстановление алкенов и алкинов через гидроборирование.</p>	2
15	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп (продолжение)	<p>Методы селективного восстановления карбонильной группы. Восстановление ?,?-непредельных альдегидов и кетонов. Восстановление ?,?-енонов боргидридом натрия в присутствии CeCl₃ (Луше). Побочные процессы при восстановлении непредельных карбонильных соединений комплексными гидридами: внутримолекулярное гидроалюминирование и гидроборирование. Восстановление альдегидной группы в присутствии кетонной, кетонной в присутствии альдегидной. Восстановление кетонной группы в присутствии сложноэфирной и карбоксильной группы в присутствии кетонной или сложноэфирной. Восстановление сложных эфиров в присутствии амидов или нитрилов. Методы замещения галогена на водород: каталитическое гидрирование, металлоорганические соединения, системы металл + спирт, сплав Ренея, Bu₃SnH. Внутримолекулярная радикальная циклизация алкенил- и алкинилгалогенидов и тиоэфиров под действием трибутилловогогидрида. Методы дезаминирования: восстановление четвертичных аммониевых солей и третичных аминов, дезаминирование через соли арилдиазония. Восстановление связи C-N с помощью H₂NOSO₃H, CH₃SNa, Bu₃SnH.</p>	2

16	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп (продолжение)	<p>Дезоксигенирование спиртов и фенолов; использование тозилатов и мезилатов, N-фенилкарбаматов фенолов, система фосфор-йод, триалкилсиланы.</p> <p>Дезоксигенирование o-нитробензолсульфонилгидразином в условиях реакции Мицунобу.</p> <p>Дезоксигенирование спиртов с помощью триметилсилилиодида и цинка.</p> <p>Дезоксигенирование через ксантогенаты (Бартон – Мак-Комби). Превращение фенолов в анилины (перегруппировка Смайлса) с последующим дезаминированием. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов. Дезоксигенирование через 1,3-дитиоланы и 1,3-дитианы (метод Мозинго). Применение гидридов алюминия и бора, дезоксигенирование через тозилгидразоны. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена, их ограничения. Реагенты для восстановления сложных эфиров, S-ацилмеркаптанов, хлорангидридов, нитрилов, амидов до альдегидов: водород (Розенмунд), алкоксиалюминийгидриды, Redal. Амиды Вайнреба.</p>	2
Итого за семестр:			32	
9 семестр				
17	Неизогипсические трансформации органических соединений	Методы окисления органических соединений	<p>Реагенты окисления: соединения марганца и хрома, пероксиды, надкислоты, диоксид селена, озон, диметилсульфоксид, дихлордицианохинон (DDQ), реагент Десса-Мартина, реагент Фетизона, нитрат аммония-церия (IV). Реакция дегидрирования. Окисление спиртов до альдегидов и кетонов. Окисление аллиловых и бензиловых спиртов, ацилоинов. Окисление с помощью диметилсульфоксида: превращение алкилгалогенидов (Корнблюм), тозилатов и спиртов в альдегиды и кетоны. Синтез ароматических альдегидов из бензилгалогенидов через четвертичные аммониевые соли (Соммле; в присутствии p-нитрозодиметиланилина) и нитроны (Крэнке). Окисление спиртов и кетонов гипохлоритом натрия в двухфазной системе в присутствии TEMPO. Реагенты для окисления альдегидов в карбоновые кислоты. Окисление по связи C-H: получение ароматических альдегидов, окисление алкенов по аллильному положению трет-бутилпероксибензоатом, CrO₃ в присутствии бутанола, синглетным кислородом, диоксидом селена (понятие о еновой реакции).</p>	2

18	Неизогиписические трансформации органических соединений	Методы окисления органических соединений (продолжение)	Окисление алкенов галогеном в присутствии основания и в присутствии соли серебра. Эпоксидирование алкенов. Эпоксидирующие агенты: надуксусная, трифторнадуксусная и м-хлорнадбензойная (МСПВА) кислоты, Реакция Байера-Виллигера и ее конкуренция с эпоксидированием по связи С=C. Трет-бутилгидропероксид как эпоксидирующий агент. Эпоксидирование аллиловых спиртов. Энантиоселективное эпоксидирование по Шарплессу (в присутствии изопропилата титана и эфира винной кислоты). Правило Шарплесса для определения конфигурации эпоксида. Окислительное расщепление связи углерод-углерод. Окисление алкенов перманганатом калия до карбоновых кислот и до альдегидов. Укорочение цепи карбоновых кислот на одно метиленовое звено (деградация по Барбье-Виланду) и на три группы СН ₂ (модификация Мишера). Озонолиз алкенов, механизм реакции.	2
19	Методы построения углеродного скелета молекулы	Карбены и карбеноиды в органическом синтезе	Основные группы карбенов. Методы генерирования. Синглетные и триплетные карбены: поведение в различных реакциях. Синтезы на основе реакций 1,1-циклоприсоединения карбенов к непредельным соединениям. Реакции карбенов с сопряженными диенами и ароматическими соединениями. Реакции карбенов с соединениями, содержащими кратные связи углерод-гетероатом. Синтезы на основе реакций внедрения (Раймер-Тиман, Вольф, синтез алленов по Дерингу, внедрение по связи С-Н). Использование карбеноидов; реакция Симмонса-Смита. Нитрены как аналоги карбенов. Стабильные карбены. Карбены Фишера. Реакция Дёца. Метатезис алкенов. Катализаторы метатезиса.	2
20	Методы построения углеродного скелета молекулы	Региоселективные методы орто-функционализации аренов	Традиционные методы введения заместителей в о-положения ароматических соединений: перегруппировки Фриса и Кляйзена, реакция Манниха, нитрование в орто-положение, реакции Раймера-Тимана и Кольбе-Шмидта. Орто-литоирование: региоселективность, направляющие группы, использование в синтезе функциональных производных аренов. Анионная перегруппировка Фриса. Дегидробензол: методы генерирования и использование в синтезе 1,2-дизамещенных аренов.	2

21	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания одинарной углерод-углеродной связи с помощью металлоорганических реагентов	Литий- и магнийорганические соединения, их получение из органогалогенидов и металла. Использование магния Рике для синтеза магнийорганических соединений. Литирование органических субстратов. Реакции литий- и магнийорганические соединений с различными электрофильными агентами. Медьорганические реагенты в синтезе. Реакции Ульмана, Стефенса-Кастро, синтез диенов (Глазер-Эглинтон, Кадио-Ходкевич). Получение литийдиалкилкупратов. Купраты низшего порядка: гомокупраты Гилмана, гетерокупраты. Купраты высшего порядка: цианокупраты. Реакция литийдиалкилкупратов с альдегидами. Реакции с галогенопроизводными различных типов, ацилгалогенидами, оксиранами, α,β -непредельными альдегидами и кетонами.	2
22	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания одинарной углерод-углеродной связи с помощью металлоорганических реагентов (продолжение)	Реакции кросс-сочетания магний-, цинк-, олово-, кремний и борорганических соединений с органогалогенидами, катализируемые комплексами палладия (Хараш, Негиши, Стилле, Хияма, Сузуки). Получение катализаторов - комплексов палладия. Окислительное присоединение - восстановительное элиминирование как элементарные акты в реакциях кросс-сочетания. Сочетание с терминальными алкинами (Сонагашира) и с алкенами (Хек). Аллилирование по Тсуи-Тросту.	2
23	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания двойной углерод-углеродной связи	Кислотно-катализируемая дегидратация спиртов. Дегидратирующие агенты. Дегидратация спиртов по Бургессу. Создание двойной связи углерод-углерод реакциями элиминирования из алкилгалогенидов, тозилатов, мезилатов. Пиролитические реакции син-элиминирования: синтез алкенов термолизом ксантогенатов (Чугаев), N-окисей третичных аминов (Коуп), сложных эфиров, сульфоксидов и селеноксидов. Стереоспецифический синтез цис- и транс-алкенов из 1,2-диолов (Кори, Уинтер). Региоселективный синтез алкенов из тозилгидразонов (реакции Шапиро и Бэмфорда-Стивенса).	2
24	Методы построения углеродного скелета молекулы	Методы создания двойной углерод-углеродной связи (продолжение)	Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алкенов. Направленное получение Z- и E-алкенов: роль солей лития, бессолевой метод. Синтез терминальных алкинов по Кори-Фучу. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэлис-Арбузов) и их использование в синтезе алкенов (вариант Хорнера-Уэдсворта-Эммонса). α -Гетероатомные карбанионы в реакциях с карбонильными соединениями. Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига. Метиленирование карбонильных соединений карбеновыми комплексами титана (Тebbe, Петасис). Илиды серы в реакциях с альдегидами и кетонами. Реакция Кори-Чайковского. Синтез алкенов из α -галогенсульфонов (реакция Рамберга-Бэклунда).	2

25	Методы построения углеродного скелета молекулы	Алкилирование карбонильных соединений	Алкилирование карбонильных соединений. Методы генерирования ионных енолятов с помощью алколюлятов и амидов щелочных металлов. Применение пространственно затрудненных амидов. Азотсодержащие производные альдегидов и кетонов в реакции α -алкилирования. Ионные еноляты карбоновых кислот и их производных. Еноляты цинка в реакции Реформатского. Реакции ковалентных енолятов с электрофилами. Синтез и свойства силиленолятов. Енамины как эквиваленты енолят-ионов (Сторк). Силильные производные вторичных аминов в синтезе енаминов. Альдолю-кетоновая конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Направленная альдолюная конденсация с помощью литиевых енолятов. Конденсация силиловых эфиров енолов с альдегидами, кетонами, ацетальдами и кеталами (Мукаяма).	2
26	Методы построения углеродного скелета молекулы	Алкилирование карбонильных соединений (продолжение)	Генерирование винилогов енолятов и их синтетических эквивалентов. Особенности алкилирования енолятов α,β -непредельных кетонов, имеющих α -протон. Производные трехчленных циклов как синтетические эквиваленты гомоенолятов. d3-реагенты с защищенной карбонильной группой. Гетероатом-замещенные аллильные анионы: анионы аллилсиланов, сульфидов, аминов, аллиловых эфиров Реакция Михаэля, ее механизмы. Доноры и акцепторы Михаэля. Основания Манниха и α -хлоркетоны как синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля. Прямое α -метиленирование кетонов солями иминия. Реакция Михаэля с гетероатомными и C-нуклеофилами. Взаимодействие с цианидами, нитронатами, анионами 1,3-дикарбонильных соединений, енаминами, силиленолятами, силилацетальдами кетенов, аллилсиланами (реакция Хосоми-Сакураи), аллил- и аллилстаннанами, триалкилборанами. Металлоорганические соединения в реакции Михаэля.	2
27	Методы построения углеродного скелета молекулы	Алкилирование карбонильных соединений (продолжение)	Нитроалкены в качестве акцепторов Михаэля. Сопряженное присоединение C-нуклеофилов в присутствии стерически затрудненных кислот Льюиса. 1,6- и 1,4-Присоединение нуклеофилов к хлорангидридам ароматических кислот. Использование производных пропиоловой кислоты в качестве акцептора Михаэля. Аннелирование по Робинсону. Синтетические эквиваленты α,β -енонов: α -хлоркетоны (их синтез реакцией Кондакова), основания Манниха и α -силилированные винилкетоны. Силиленоляты и енамины в реакциях аннелирования. Реагент Назарова. Дилитиевое производное пропаргилового спирта в реакциях аннелирования с образованием пятичленного карбоцикла. Бис- и трис-аннелирование. Спиро-аннелирование с помощью илидов серы (метод Троста-Богдановича). Реакция Бейлиса-Хиллмана.	2

28	Методы построения углеродного скелета молекулы	Применение кремнийорганических соединений в синтезе	<p>Нуклеофильное замещение при атоме кремния. Фторид-ион как высоко селективный агент десилилирования. Использование триметилхлорсилана в ацилоиновой конденсации.</p> <p>Триметилсилилцианид: его получение и применение в синтезе α-аминоспиртов и α-гидроксинитрилов. Простые силиловые эфиры как O-нуклеофилы (синтетические эквиваленты спиртов). Силиловые эфиры енолов, их получение из кетонов (триметилсилилтрифлат), α,α-непредельных кетонов, α-дикетонов, эфиров α-кетокислот и производных малонового эфира.</p> <p>Силоксидиены, диен Данишефского (1-метокси-3-триметилсилоксибутadiен-1,3) и его применение в синтезе алициклов и гетероциклов. Генерирование литиевых и тетраалкиламмониевых енолятов из силиловых эфиров енолов (Сторк).</p> <p>Применение силиловых эфиров енолов в альдольной конденсации, реакциях Манниха и Михаэля. Синтез 1,4-дикетонов через нитроалкены.</p>	2
29	Методы построения углеродного скелета молекулы	Применение кремнийорганических соединений в синтезе (продолжение)	<p>Винилсиланы, их получение из магнийорганических соединений, из кетонов и тозилгидразина (на базе реакции Шапиро) и реакцией гидросилилирования. Восстановление алкинилсиланов алюмогидридом лития и водородом; стереоселективность этих реакций.</p> <p>Ациклические винилсиланы как синтетические эквиваленты кетонов. Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига. Стереонаправленный синтез Z- и E-алкенов из α-силилированных кетонов. Синтез силилированных диенов и их использование в реакции Дильса-Альдера. Аллилсиланы. Этинилсиланы, их получение. Присоединение аллилсиланов и этинилсиланов к альдегидам и кетонам, инициируемое фторид-ионом.</p> <p>Использование триметилсилильной группы в качестве защитной группы для связи C-H в терминальных алкинах. Способы удаления защитной Me₃Si-группы: под действием спиртового раствора KF, метанольного раствора щелочи, а также сочетанием реагентов: нитрат серебра - цианид калия. Защита гидроксильной группы. Ацилсиланы: получение, применение.</p>	2

30	Методы построения углеродного скелета молекулы	Применение борорганических соединений в синтезе	Гидроборирование алкенов: регио- и стереоселективность реакции. Взаимодействие диборана со стерически затрудненными алкенами: получение ди- и трисиамилборана, тексил- и дитексилборана. Реагенты гидроборирования, используемые в синтезе: диборан и его комплексы, дисиамил- и тексилбораны, 9-BBN, пирокатехинборан. Окисление триалкилборанов в спирты. Реакции с анионами, генерируемыми из галоформов, ?-галогенкарбонильных соединений и родственных веществ. Реакции алкенил- и алкилборанов с галогенами. Карбонилирование органоборанов: синтез альдегидов, кетонов, первичных и третичных спиртов. Цианирование боранов как альтернатива карбонилированию. Образование связи С-С в результате радикальной реакции: реакции с ?,?-непредельными карбонильными и родственными соединениями. Бороновые кислоты: получение, применение в реакциях кросс-сочетания.	2
31	Методы построения углеродного скелета молекулы	Сигматропные перегруппировки	Синтезы на основе [3,3]-сигматропных перегруппировок. Перегруппировки аллиловых эфиров енолов и фенолов (Кляйзен). Методы синтеза аллилвиниловых эфиров (переэтерификация алкилвиниловых эфиров, по реакции Виттига, по Теббе и Петасису). Перегруппировка аллиловых эфиров ?-кетокислот и бис-анионов на основе аллилацетоацетатов (реакция Кэррола). Перегруппировки Джонсона-Кляйзена, Айрленда-Кляйзена, Эшенмозера-Кляйзена. Тиа- и аза-перегруппировки Кляйзена. Перегруппировка Овермана. Перегруппировки 1,5-диенов (Коуп). Окси-перегруппировка Коупа и ее алкоксидный вариант. Каскадные превращения с использованием перегруппировки Коупа на примере синтеза цитраля и 3-ацилпирролидинов. Аза-перегруппировка Коупа.	2
32	Методы построения углеродного скелета молекулы	Сигматропные перегруппировки (продолжение)	1,2- и 2,3-Перегруппировки Виттига, Мейзенгеймера, Стивенса. Механизм 1,2-анионных сдвигов. Перегруппировка Соммле-Хаузера. Орто-алкилирование фенолов и анилинов через окса- и азасульфониевые соли. Синтез изатинов и индолов по Гассману. Перегруппировка аллиловых эфиров карбоновых кислот. Синтез индолов по Фишеру. Аномальная перегруппировка Кляйзена как частный случай еноловых перегруппировок.	2
Итого за семестр:				32
Итого:				64

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц; рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
----------------------	----------------------------	--	------------------

8 семестр			
Введение в органический синтез	Подготовка к практическому занятию по теме: «Общая характеристика органического синтеза»	Реакции региоселективные, хемоселективные и стереоселективные. Понятие о темплатном синтезе, многокомпонентных, тандемных и домино-реакциях. Межфазный катализ.	2
Введение в органический синтез	Подготовка к практическому занятию по теме: «Нетрадиционные методы активации химических реакций»	Сонохимическая и механохимическая активация. Законы фотохимии. Основные типы фотохимических реакций.	4
Введение в органический синтез	Самостоятельное изучение темы: «Флаш-вакуумный пиролиз»	Основы метода, аппаратное оформление, применение в органическом синтезе.	5
Введение в органический синтез	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Свойства и очистка органических растворителей»	Растворители, их типы. Методы очистки растворителей: ацетон, ацетонитрил, бензол, толуол, гексан, ГМФА, ДМСО, ДМФА, диоксан, эфир, ТГФ, метанол, этанол, пиридин, нитрометан, хлороформ, хлористый метилен, четыреххлористый углерод, этилацетат.	2
Введение в органический синтез	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Многокомпонентные реакции»	Реакции Манниха, Биджинелли, синтез Гевальда, синтез Ганча)». Многокомпонентные реакции: реакции Манниха, Биджинелли, Гевальда, Ганча, Вильгеродта-Киндлера, Бухерера-Бергса, Пассерини, Уги, синтез Штреккера-Зелинского.	2
Введение в органический синтез	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: Подготовка к отчету по лабораторной работе по теме: «Тандемные реакции»	Классификация домино-реакций. Синтез тропинона по Робинсону.	1
Введение в органический синтез	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Сонохимическая активация реакций»	Сонохимическая и механохимическая активация: основы методов, аппаратное оформление.	1
Основы «Зеленой химии»	Подготовка к практическому занятию по теме: «Экологические аспекты органического синтеза»	Основные принципы «зеленой химии». Количественные оценки в «зеленой химии».	1

Основы «Зеленой химии»	Подготовка к отчету по лабораторной работе по теме: «Основные принципы «зеленой химии»	Синтезы без растворителя». Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. Основные принципы «зеленой химии». Количественные оценки в «зеленой химии»: атомная экономия, эффективность по углероду, реакционная массовая эффективность, E-фактор, массовая интенсивность и массовая производительность.	2
Ретросинтетический анализ	Подготовка к практическому занятию по теме: «Основные понятия ретросинтетического анализа»	Два варианта ретросинтетического анализа. "Мощные реакции" синтеза. Тактические приемы, помогающие в планировании синтеза. Основные этапы ретросинтетического анализа. Синтоны.	1
Ретросинтетический анализ	Подготовка к практическому занятию по теме: «Защитные группы в синтезе»	Устойчивость защитных групп к действию различных реагентов. Защита спиртовой ОН-группы. Защита карбоксильной группы. Защита аминогруппы. Условия введения и удаления перечисленных защитных групп, их устойчивость к воздействию различных реагентов.	1
Неизогипсические трансформации органических соединений	Подготовка к практическому занятию по теме: «Методы введения водорода на место других атомов и функцио-нальных групп»	Гидрирование. Типы катализаторов гидрирования. Ионное гидрирование. Нуклеофильные восстанавливающие агенты. Комплексные гидриды металлов как восстановители. Методы селективного восстановления карбонильной группы. Дезоксигенирование спиртов и фенолов. Применение гидридов алюминия и бора	1
Неизогипсические трансформации органических соединений	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Современные методы восстановления органических соединений»	Основные типы восстановителей. Восстановление углеводов и их основных функциональных производных.	1
Неизогипсические трансформации органических соединений	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Современные методы окисления органических соединений»	Основные типы окислителей. Окисление углеводов и их основных функциональных производных.	1
Итого за семестр:			25
9 семестр			
Курсовая работа	Выполнение курсовой работы.	Подготовка литературного обзора по заданной теме курсовой работы. Выполнение экспериментальной части. Оформление курсовой работы в соответствии с требованиями, изложенными в методическом указании «Оформление курсовых и дипломных работ»	22

Ретросинтетический анализ	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Использование защитных групп»	Методы защиты карбоксильной и аминогруппы.	2
Неизогиписические трансформации органических соединений	Подготовка к практическому занятию по теме: «Методы окисления органических соединений»	Реагенты окисления. Окисление спиртов до альдегидов и кетонов. Окисление аллиловых и бензиловых спиртов, ацилоинов. Эпоксидирование алкенов. Эпоксидирующие агенты. Озонолиз алкенов	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Карбены и карбеноиды в органическом синтезе»	Основные группы карбенов. Методы генерирования. Синглетные и триплетные карбены: поведение в различных реакциях. Реакции карбенов с соединениями, содержащими кратные связи углерод-гетероатом. Синтезы на основе реакций внедрения	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Региоселективные методы орто-функционализации аренов»	Традиционные методы введения заместителей в о-положения ароматических соединений. Ортолитоирование. Дегидробензол.	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Методы создания одинарной углерод-углеродной связи с помощью металлоорганических реагентов»	Литий- и магнийорганические соединения. Использование магния Рике для синтеза магнийорганических соединений. Литирование органических субстратов. Медьорганические реагенты в синтезе. Получение литийдиалкилкупратов. Реакции кросс-сочетания магний-, цинк-, олово-, кремний и борорганических соединений с органогалогенидами, катализируемые комплексами палладия.	4
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Методы создания двойной углерод-углеродной связи»	Кислотно-катализируемая дегидратация спиртов. Дегидратирующие агенты. Пиролитические реакции синэлиминирования. Стереоспецифический синтез цис- и транс-алкенов. Реакция Виттига	4
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Алкилирование карбонильных соединений»	Енамины как эквиваленты енолят-ионов. Аль-дольно-кетоновая конденсация. Генерирование винилогов енолятов и их синтетических эквивалентов. Реакция Михаэля. Аннелирование по Робинсону. Синтетические эквиваленты α,β -енонов.	4
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Применение кремнийорганических соединений в синтезе»	Нуклеофильное замещение при атоме кремния. Триметилсилилцианид. Силиловые эфиры енолов. Винилсиланы, их получение. Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига.	4

Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Применение борорганических соединений в синтезе»	Гидроборирование алкенов: регио- и стерео-селективность реакции. Реагенты гидроборирования, используемые в синтезе. Образование связи С-С в результате радикальной реакции. Боронные кислоты: получение, применение в реакциях кросс-сочетания.	4
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к практическому занятию по теме: «Сигматропные перегруппировки»	Синтезы на основе [3,3]-сигматропных перегруппировок. Каскадные превращения с использованием перегруппировки Коупа. 1,2- и 2,3-Перегруппировки Виттига. Аномальная перегруппировка Кляйзена	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Реакция Бейлиса-Хиллмана»	Реакция Бейлиса-Хиллмана: исходные реагенты, катализаторы, механизм.	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Применение борорганических соединений в синтезе. Реакция Брауна»	Гидроборирование алкенов и алкинов. Использование триалкилборанов в синтезе спиртов, галогенпроизводных, алканов, карбонильных соединений	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Гетероциклы как синтетические интермедиаты»	Использование гетероциклов в синтезе полифункциональных ациклических соединений	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Конденсации с участием карбонильных соединений. Реакции Кневенегеля и Михаэля»	Альдольно-кетоновая конденсация. Различные варианты реакции Михаэля.	3
Методы построения углеродного скелета молекулы	Подготовка к отчету по лабораторным работам по теме: «Реакция Анри»	Конденсации с участием нитросоединений.	2
Итого за семестр:			70
Итого:			95

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Органическая химия: учеб.: в 4 ч./ О.А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин ; МГУ им.М.В.Ломоносова.- М.: БИНОМ.Лаб.знаний // Ч.1 .- 2012.- 567 с.	Электронный ресурс

2	Смит, В.А. Основы современного органического синтеза : Учеб.пособие / В.А.Смит,А.Д.Дильман.- М., БИНОМ.Лаб.знаний, 2009.- 750 с.	Электронный ресурс
3	Шабаров, Ю.С. Органическая химия : Учеб. .- 4-е изд.,стер.- М., Химия, 2002.- 848 с.	Электронный ресурс
Учебно-методическое обеспечение		
4	Ивлева, Е.А. Методические рекомендации по выполнению и подготовке к защите курсовых и выпускных квалификационных работ по органической химии : учеб.-метод. пособие / Е. А. Ивлева, Ю. Н. Климочкин; Самар.гос.техн.ун-т, Органическая химия.- Самара, 2017.- 83 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 3051	Электронный ресурс
5	Леонова, М.В. Методы восстановления в органическом синтезе : учеб.-метод. пособие / М. В. Леонова, Ю. Н. Климочкин; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2013.- 102 с.	Электронный ресурс
6	Осянин, В.А. Нитрование : практикум / В. А. Осянин, Ю. Н. Климочкин; Самар.гос.техн.ун-т .- 2-е изд.- Самара, 2013.- 125 с.	Электронный ресурс
7	Осянин, В.А. Окисление : практикум / В. А. Осянин, Ю. Н. Климочкин; Самар.гос.техн.ун-т .- 2-е изд.- Самара, 2013.- 82 с.	Электронный ресурс
8	Осянин, В.А. Современные методы и стратегия органического синтеза : : учеб.-метод.пособие / В. А. Осянин; Самар.гос.техн.ун-т, Органическая химия.- Самара, 2014.- 46 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 1368	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной информационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Microsoft Office 2007 Open License Academic	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Windows XP Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	American Chemical Society (ACS)	www.pubs.acs.org	Ресурсы открытого доступа
2	портал химического образования России	http://www.chem.msu.ru	Ресурсы открытого доступа

3	РОСПАТЕНТ	http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru	Ресурсы открытого доступа
4	Сайт библиотеки Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова	http://www.chem.msu.su/rus/library/welcome.html	Ресурсы открытого доступа
5	ScienceDirect - 4 коллекции: Chemistry, Engineering, Materials Science, Physics and Astronomy	http://www.sciencedirect.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
6	Scopus - база данных рефератов и цитирования	http://www.scopus.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
7	SpringerLink - химия и материаловедение, компьютерные науки, биологические науки, бизнес и экономика, экология, инженерия, гуманитарные и социологические науки, математика и статистика, медицина, физика и астрономия, архитектура и дизайн.	http://link.springer.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
8	eLIBRARY.ru	http://www.eLIBRARY.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия

Для лабораторных занятий используется аудитория № 25, оснащенная следующим оборудованием: вытяжными шкафами, штативами, лабораторной посудой, электрическими плитками, сушильным шкафом, электронными весами, перемешивающими устройствами (электромагнитными и электромеханическими), водоструйными насосами, приборами для определения температуры плавления, химическими реактивами и другим необходимым оборудованием для выполнения лабораторных работ.

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

- читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус № 8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки, ауд. 83а, 414, 416, 0209 АСА СамГТУ; ауд. 401 корпус №10);
- компьютерные классы (ауд. 208, 210 корпус № 8).

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.11.02 «Планирование и методы
органического синтеза»

**Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.11.02 «Планирование и методы органического синтеза»**

Код и направление подготовки (специальность)	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль)	Органическая химия
Квалификация	Химик. Преподаватель химии.
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Химико-технологический факультет (ХТФ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Органическая химия"
Кафедра-разработчик	кафедра "Органическая химия"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	468 / 13
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной
программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.1 Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	Уметь выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
		ПК-1.2 Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	Уметь составлять общий план исследования и детальные планы отдельных стадий
	ПК-10 Способен проводить научный эксперимент в области синтеза и анализа органических веществ, обрабатывать и грамотно интерпретировать его результаты	ПК-10.5 Осуществляет обоснованный отбор реагентов и методов для синтеза, выделения, очистки и анализа органических соединений	Уметь осуществлять обоснованный отбор реагентов и методов для синтеза, выделения, очистки и анализа органических соединений
		ПК-10.6 Подбирает аппаратное оформление органических синтетических методов с учетом теоретических знаний о реакционной способности реагентов органического синтеза и селективности синтетических методов	Уметь подбирать аппаратное оформление органических синтетических методов с учетом теоретических знаний о реакционной способности реагентов органического синтеза и селективности синтетических методов
		ПК-10.7 Использует специализированное программное обеспечение и базы данных для планирования и моделирования научного эксперимента, обработки его результатов	Уметь использовать специализированное программное обеспечение и базы данных для планирования и моделирования научного эксперимента, обработки его результатов
	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	Уметь проводить 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)	Уметь анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

	ПК-3 Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-3.1 Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	Уметь определять возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	
		ПК-3.2 Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Уметь систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализировать ее и сопоставлять с литературными данными	
	ПК-4 Способен определять способы, методы и средства решения прикладных задач в рамках НИР и НИОКР	ПК-4.1 Готовит детальные планы отдельных стадий прикладных НИР и НИОКР	Уметь готовить детальные планы отдельных стадий прикладных НИР и НИОКР	
		ПК-4.2 Предлагает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	Уметь предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	
		ПК-4.3 Проводит испытания инновационной продукции	Уметь проводить испытания инновационной продукции	
	ПК-9 Способен выдвигать концепции синтеза и модификации органических соединений с заданными свойствами	ПК-9.4 Применяет профессионально профилированные знания в области синтетической и структурной органической химии для выбора рациональных способов синтеза и модификации органических соединений	Уметь применять профессионально профилированные знания в области синтетической и структурной органической химии для выбора рациональных способов синтеза и модификации органических соединений	
		ПК-9.5 Использует методологию ретросинтетического анализа для выстраивания стратегии и отбора тактических приемов направленного многостадийного синтеза органических соединений	Уметь использовать методологию ретросинтетического анализа для выстраивания стратегии и отбора тактических приемов направленного многостадийного синтеза органических соединений	
	Универсальные компетенции			
	Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Владеть планированием цели и установлением приоритетов при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.
				Уметь применять методы теоретического исследования, анализировать информацию, логически верно и аргументировано строить устную и письменную речь, выражать и обосновывать свою позицию, критически оценивать накопленный опыт.

		УК-1.2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	Владеть навыками работы с учебной литературой по базовым химическим дисциплинам.
			Знать основные понятия и законы базовых химических дисциплин.
		УК-1.3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками самостоятельной работы с библиотечно-информационными ресурсам
			Знать основные концепции химии на различных этапах исторического развития науки, систему подходов и методов, используемых в химических исследованиях, методологические аспекты химии.
		УК-1.4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов	Владеть навыками решения типовых учебных задач по базовым химическим дисциплинам.
			Уметь выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин.
Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	Знать содержание процессов организации и образования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.
			Уметь находить ответ на поставленные задачи, опираясь на полученные ранее знания, умения и навыки.
		УК-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Владеть планированием цели и установлением приоритетов при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.
			Уметь давать аргументированное обоснование постановки задачи и планирования теоретических и экспериментальных исследований.
		УК-2.3 Планирует необходимые ресурсы, в том числе, с учетом их заменяемости	Знать теоретические основы базовых химических дисциплин.
			Уметь применять логические операции для систематизации информации.

		<p>УК-2.4 Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования с учетом имеющихся ограничений</p>	<p>Знать классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований; основы инновационной деятельности.</p> <p>Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p>
		<p>УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта</p>	<p>Владеть навыками оценки достоверность полученных данных, формулировать выводы.</p>
			<p>Знать основные научные подходы к исследуемому материалу</p>
<p>Коммуникация</p>	<p>УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>УК-4.1 Устанавливает и развивает профессиональные контакты в соответствии с потребностями совместной деятельности, включая обмен информацией и выработку единой стратегии взаимодействия</p>	<p>Владеть стилями делового общения на государственном языке и иностранном языке в зависимости от цели и условий партнерства</p> <p>Уметь использовать базовые современные методы и технологии научной коммуникации, в том числе информационные, на государственном и иностранном языке</p>
		<p>УК-4.2 Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)</p>	<p>Владеть навыками составления и корректного перевода академического и профессионального текста.</p> <p>Уметь Использовать информационно-коммуникационные технологии для поиска, обработки и представления информации.</p>
		<p>УК-4.3 Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных публичных мероприятиях, включая международные, выбирая наиболее подходящий формат</p>	<p>Владеть навыками публичного выступления, аргументации, ведения дискуссии и полемики в сфере научной и профессиональной, а также социокультурной коммуникации на русском языке.</p> <p>Уметь представлять свою точку зрения при деловом общении и в публичных выступлениях.</p>
		<p>УК-4.4 Аргументированно и конструктивно отстаивает свои позиции и идеи в академических и профессиональных дискуссиях на государственном языке РФ и иностранном языке</p>	<p>Владеть навыками ведения академической и профессиональной дискуссии на государственном и иностранном языке</p>

			Знать риторические правила и приемы подготовки и произнесения речей в сфере научной и профессиональной, а также социокультурной коммуникации на русском языке.
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	УК-6.1 Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания	Владеть технологиями организации процесса самообразования; приемами целеполагания во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.
			Знать содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.

**Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения
в 8-м семестре**

Результат обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Оценочные средства				
	Раздел 1.	Раздел 2.	Раздел 3.	Раздел 4.	Экзамен
	текущий контроль				
	Устный опрос на ПЗ № 1-4				
	Отчет по лабораторной работе «Свойства и очистка органических растворителей»				
	Отчет по лабораторной работе «Многокомпонентные реакции»				
	Отчет по лабораторной работе «Тандемные реакции»				
	Отчет по лабораторной работе «Сонохимическая активация реакций»				
	Подготовка конспекта по теме «Флаш-вакуумный пиролиз»				
	Устный опрос на ПЗ № 5-6				
	Отчет по лабораторной работе «Основные принципы «зеленой химии»				
	Устный опрос на ПЗ № 7-12				
	Отчет по лабораторной работе «Современные методы восстановления органических соединений»				
	Отчет по лабораторной работе «Современные методы окисления органических соединений»				
	Устный опрос на ПЗ № 13-16				
	Ответы на вопросы по теоретической части и решение задач по разделам 1-4				

<p>Знать: основные концепции химии на различных этапах исторического развития науки, систему подходов и методов, используемых в химических исследованиях, методологические аспекты химии.</p>	+					+	+		+			+			
<p>Владеть: основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками самостоятельной работы с библиотечно-информационными ресурсами.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Владеть: навыками решения типовых учебных задач по базовым химическим дисциплинам.</p>	+					+	+		+			+		+	+

<p>Уметь: осуществлять поиск информации с использованием информационных систем и библиографических источников, использовать полученную информацию для корректной обработки и представления результатов исследований</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Уметь: осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных</p>		+	+	+	+			+		+	+		+
<p>Владеть: базовыми навыками оформления результатов исследования в форме отчетов, презентаций, докладов, публикаций по результатам проведенных исследований параметров, характеристик органических соединений</p>		+	+	+	+			+		+	+		+

Уметь: применять специализированные источники информации, химические и спектральные методы анализа для планирования и реализации методов исследования, органических молекул, лекарственных средств и других поставленных задач	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Владеть: разнообразными методами систематизации и анализа научно-технической информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уметь: использовать знания в области структурной, синтетической и прикладной химии для прогноза и последующей интерпретации результатов исследований, свойств новых веществ и материалов		+	+	+	+			+		+	+		+
Владеть: навыками использования теоретического материала для прогнозирования свойств различных систем, исходя из их состава, строения, пространственных структур молекул		+	+	+	+			+		+	+		+

Владеть: приемами экспериментал ьного исследования		+	+	+	+			+		+	+		+
Знать: типы органических реакций и механизмы их протекания	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Владеть: знаниями о резакционной способности реагентов в органической химии, их свойства и ТБ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Знать: типы информационны х химических ресурсов; особенности структурной химической информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уметь: изображать структурные формулы сложных органических соединений с помощью различных структурно- графических химических редакторов		+	+	+	+			+		+	+		+

**Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения
в 9-м семестре**

Результат обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Оценочные средства					
	Раздел 3.	Раздел 4.	Раздел 5.		КР	Экзамен
	текущий контроль					промежуточная аттестация

Отчет по лабораторной работе «Использование защитных групп»
Устный опрос на ПЗ № 1-2
Устный опрос на ПЗ № 7-12
Отчет по лабораторной работе «Реакция Бейлиса-Хилмана»
Отчет по лабораторной работе «Применение борорганических соединений в синтезе. Реакция Брауна»
Отчет по лабораторной работе «Гетероциклы как синтетические интермедиаты»
Отчет по лабораторной работе «Конденсации с участием карбонильных соединений. Реакции Кневенагеля и Михаэля»
Отчет по лабораторной работе «Реакция Анри»
Выполнение и защита курсовой работы перед комиссией
Ответы на вопросы по теоретической части и решение задач по разделам 4-5

<p>Уметь: применять методы теоретического исследования, анализировать информацию, логически верно и аргументированно строить устную и письменную речь, выражать и обосновывать свою позицию, критически оценивать накопленный опыт.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Владеть: планированием цели и установлением приоритетов при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществлением деятельности.</p>	+			+	+	+	+	+	+	+
<p>Знать: основные понятия и законы базовых химических дисциплин.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Владеть: навыками работы с учебной литературой по базовым химическим дисциплинам.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Знать: основные концепции химии на различных этапах исторического развития науки, систему подходов и методов, используемых в химических исследованиях, методологические аспекты химии.		+	+						+	
Владеть: основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками самостоятельной работы с библиотечными информационными ресурсами.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

<p>Уметь: выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулировать в рамках базовых химических дисциплин.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Владеть: навыками решения типовых учебных задач по базовым химическим дисциплинам.</p>		+	+							+
<p>Знать: содержание процессов организации и образования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.</p>	+			+	+	+	+	+	+	+

Уметь: применять логические операции для систематиза ции информации.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Знать: классически е и современны е методы решения задач по выбранной тематике научных исследовани й; основы инновацион ной деятельност и.		+	+						+	+
Уметь: анализирова ть альтернатив ные варианты решения исследовате льских и практических задач и оценивать потенциальн ые выигрыши/пр оигрыши реализации этих вариантов.	+			+	+	+	+	+	+	+
Знать: основные научные подходы к исследуемо му материалу.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Владеть: навыками оценки достовернос ть полученных данных, формулиров ать выводы.	+			+	+	+	+	+	+	

<p>Владеть: навыками публичного выступления, аргументации, ведения дискуссии и полемики в сфере научной и профессиональной, а также социокультурной коммуникации и на русском языке.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Знать: риторические правила и приемы подготовки и произнесения речей в сфере научной и профессиональной, а также социокультурной коммуникации и на русском языке.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<p>Владеть: навыками ведения академической и профессиональной дискуссии на государственном и иностранном языке.</p>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Владеть: разнообразными методами систематизации и анализа научно- технической информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уметь: использовать знания в области структурной, синтетической и прикладной химии для прогноза и последующей интерпретации результатов исследований, свойств новых веществ и материалов	+			+	+	+	+	+	+	+
Владеть: навыками использования теоретического материала для прогнозирования свойств различных систем, исходя из их состава, строения, пространственных структур молекул	+			+	+	+	+	+	+	+
Уметь: осуществить синтез органического вещества в соответствии и с лабораторно- технологическим	+			+	+	+	+	+	+	+

навыками планирования синтеза органических веществ заданной структуры										
Уметь: планировать методы синтеза органических веществ с учетом их физико-химических свойств	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Владеть: приемами экспериментального исследования	+			+	+	+	+	+	+	+
Знать: типы органических реакций и механизмы их протекания	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Владеть: знаниями о реакционной способности реагентов в органической химии, их свойства и ТБ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Знать: типы информационных химических ресурсов; особенности структурной химической информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уметь: изображать структурные формулы сложных органических соединений с помощью различных структурно-графических	+			+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.

2.1. Формы текущего контроля успеваемости

Семестр 9

При написании курсовой работы следует придерживаться общепринятой структуры: введение, литературный обзор, обсуждение результатов, экспериментальная часть, заключение, список использованных источников.

Правила оформления курсовой работы представлены в методическом указании по оформлению курсовых и дипломных работ.

Примерный перечень тем курсовых работ

1. Синтез пропиоловой кислоты.
2. Синтез транс-2-пентенала.
3. Синтез (4-бромфенил)(нафто[2,1-b]фуран-2-ил)метанона.
4. Синтез 3-фенил-1Н-бензо[f]хромена.
5. Синтез 6,8-ди-трет-бутил-4Н-1,3-бензоксазина.
6. Синтез 1,3-дифенил-1Н-нафто[1,2-e][1,3]оксазина.
7. Синтез 2-амино-6-метокси-4Н-хромен-3-карбонитрила.
8. Синтез метилового эфира 2-амино-3-циано-4Н-хромен-6-карбоновой кислоты.
9. Синтез 12Н-бензимидазо[2,1-b][1,3]бензоксазина.
10. Синтез 1-бензилимидазол-5-карбальдегида.
11. Синтез 3-фенилсиднона.
12. Синтез 5-трифторметилиндола (по Гассману).

2.2. Формы промежуточной аттестации

Семестр 8

Перечень вопросов к экзамену в 8 семестре

1. Практическое проведение синтеза. Факторы, определяющие выбор оптимального пути синтеза органического соединения. Выход, число стадий, условия реакций. Исходные соединения для синтеза: их доступность, устойчивость, токсичность, пожаро- и взрывоопасность как критерии оптимального синтеза. Хемоселективность реагента. Реакции региоселективные, хемоселективные и стереоселективные (диастереоселективные и энантиоселективные). Хемо-, регио- и стереоспецифичные реакции.

2. Однореакторный синтез (one-pot synthesis), матричный метод Меррифилда. Проведение реакций на твердых носителях. Преимущества и недостатки твердофазного и жидкофазного синтезов, выбор твердой подложки, линкеры. Примеры создания комбинаторных библиотек. Понятие о темплатном синтезе, многокомпонентных, тандемных и домино-реакциях (реакции Манниха, Биджинелли, Гевальда, Ганча, Вильгеродта-Киндлера, Бухерера-Бергса, Пассерини, Уги, синтез Штреккера-Зелинского, тандемная реакция Дильса-Альдера). Классификация домино-реакций. Синтез тропинона по Робинсону.

3. Субстрат, реагент, растворитель, катализатор. Межфазный катализ: краун-эфиры, ТЭБАХ, аликат 336, тритон В. Растворители, их типы. Кислотно-основные свойства растворителей, автопротолиз. Понятие о суперкислотах, примеры реакций в суперкислых средах. Основания, используемые в органическом синтезе. Понятие о супероснованиях: система *трет*-бутилат калия – ДМСО, смесь "LICKOR". Суперкритические жидкости (флюиды) как растворители. Методы очистки растворителей: ацетон, ацетонитрил, бензол, толуол, гексан, ГМФТА, ДМСО, ДМФА, диоксан, эфир, ТГФ, метанол, этанол, пиридин, нитрометан, хлороформ, хлористый метилен, четыреххлористый углерод, этилацетат. Использование ионных жидкостей в органическом синтезе.

4. Проведение реакций при высоком давлении (основные принципы, примеры реакций). Микроволновая активация. Взаимодействие микроволнового излучения с веществом (ориентационная поляризация диполей, ионная проводимость). Причины ускорения реакций; влияние микроволнового излучения на селективность реакций; экспериментальные условия проведения микроволнового синтеза (оборудование, методики синтезов (в среде растворителей, без растворителей, на твердых носителях, в проточных реакторах)). Примеры реакций, ускоряемых микроволновым излучением.

5. Сонохимическая и механохимическая активация. Флаш-вакуумный пиролиз. Основы метода, аппаратное оформление, применение в органическом синтезе.

6. Органическая фотохимия. Законы фотохимии. Прямое возбуждение, физическая и химическая сенсibilизация. Квантовый выход первичной фотохимической реакции и полный квантовый выход. Основные типы фотохимических реакций: фотоэлиминирование (карбонилсодержащих соединений, азосоединений, алифатических диазосоединений); фотозамещение; фотоизомеризация (реакция Бартона, *E,Z*- и валентная фотоизомеризация, миграция двойной связи, молекулярные перегруппировки); фотоприсоединение (реакция Патерно-Бюхи); сенсibilизированные реакции. Техника эксперимента: источники света, реакторы и методика проведения фотолиза. Лазерный флаш-фотолиз.

7. Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. Основные принципы "зеленой химии". Количественные оценки в "зеленой химии": атомная экономия, эффективность по углероду, реакционная массовая эффективность, *E*-фактор, массовая интенсивность и массовая производительность.

8. Основные понятия ретросинтетического анализа: целевая молекула (TM), трансформ, синтон, ретрон, хирон, билдинг-блок. Типы трансформов: расчленение (D), сочленение (R), введение функциональной группы (FGA), замена одной функциональной группы на другую (FGI), перегруппировка (Rt). Ретроны частичные и полные. Соответствие синтонов и реагентов. Примеры акцепторных и донорных синтонов и их синтетических эквивалентов. Два варианта ретросинтетического анализа: поиск пути синтеза, когда исходное вещество задано и когда известно лишь целевое соединение (TM). Борьба с "арифметическим демоном"; синтез линейный и конвергентный.

9. Уменьшение молекулярной сложности как основная стратегическая линия ретросинтетического анализа. Принцип "малых укусов" (small bites). "Мощные реакции" синтеза. Тактические приемы, помогающие в планировании синтеза: узнавание доступных исходных соединений в частях молекулы, учет симметрии, вспомогательные ключи. Основные этапы ретросинтетического анализа: превращение функциональных групп в кислородсодержащие (FGI); определение типов ретронов, содержащихся в молекуле; выбор первичного расчленения; проведение необходимых расчленений в соответствии с типом ретрона; применение тактики FGA. Типы стратегий в ретросинтетическом анализе. Стратегии, базирующиеся на трансформах, на ретронах, на функциональных группах; топологические и стереохимические стратегии.

10. Альтернирование зарядов в сопряженной и в насыщенной углеводородной цепи, содержащей на одном из концов акцепторный заместитель (Д. Зеебах). Синтоны "логичные" (естественные) и "нелогичные" (неестественные). Концепция обращения полярности "*Umpolung*". Ацил-анионы как *d*¹-реагенты. Эквиваленты ацил-анионов в реакциях образования C-C-связи: производные 1,3-дитиана, ациклические тиоацетали, монооксиды тиоацеталей кетена, *трис*(арилтио)ортомуравьиный эфир, защищенные циангидрины альдегидов. Аминонитрилы как двойные *d*¹-синтоны. Реакции альдегидов в условиях катализа цианид-ионом и солями тиазолия: бензоиновая конденсация и реакция Штеттера. Другие варианты реализации "*Umpolung*": анионы алкинов-1, соли аци-форм 1-нитроалканов, α -литиированные виниловые эфиры, алленовые производные как эквиваленты ацил-анионов. Эквиваленты *d*¹-синтона $\text{-CO}_2\text{R}$. Цианид-ион, как реагент, соответствующий синтону HOOC- .

11. Реакция Дильса-Альдера как одна из "мощных реакций" для создания шестичленного цикла. Диен и диенофил. Реакция Дильса-Альдера с прямыми и обращенными электронными требованиями. Типы реакции Дильса-Альдера: карбореакция, гетерореакция, 1,4-циклоэлиминирование. Ретрореакция. Катализ в реакции Дильса-Альдера. Стереохимия реакции, эндо-правило. Региоселективность циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Региоселективность гетерореакции. α -Хлоракрилонитрил как синтетический эквивалент кетена в реакции Дильса-Альдера. Использование α -пиронов в качестве диенов. α -Нитроалкены как реагенты для синтеза циклогексиламинов. *o*-Хинодимертаны в качестве диенов, их генерирование и использование в межмолекулярных процессах [4+2]-циклоприсоединения. Понятие о метиленинах и метилениминах.

12. Условия введения и удаления защитных групп, устойчивость их к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Стратегия использования защитных групп: принципы ортогональной стабильности и модулированной лабильности. Защита C-H-связей в алифатических и ароматических соединениях. Защита α -метиленовой группы кетонов. Защита C-H-

связей в ароматических соединениях за счет стерического экранирования активного о-положения и за счет ориентации вновь вводимого заместителя.

13. Защита ненасыщенных связей. Получение дигалогенидов, моногалогенидов и галогенгидринов. Защита олефинов эпоксидированием и получением диолов. Защита С-Н-связей в алкинах, ее применение в синтезах ди- и полиинов (Глазер, Кадио-Ходкевич). Синтезы на основе 3-бромпропиоловой кислоты.

14. Защита спиртовой ОН-группы: образование простых и сложных эфиров, ортоэфиров, ацеталей и кеталей. Защитные группы: бензильная, *n*-метоксибензильная, тритильная, ди(*n*-метокси)тритильная, аллильная, *трет*-бутильная, триметилсилильная, *трет*-бутилдиметилсилильная, тетрагидропиранильная, метоксиметильная. Защита ОН-группы в гликолях: изопропилиденовая, бензилиденовая, этилиденовая защитные группы. Циклические карбонаты. Защита ОН-группы в фенолах: алкилирование и ацилирование. Защита через *трет*-бутиловые, тетрагидропираниловые, фенацетиловые, триметилсилиловые эфиры фенолов. Создание и удаление метильной защитной группы (под действием бромида алюминия и этилмеркаптана, под действием этантиолята натрия в ДМФА, галогенидов бора, триметилсилилиодида, хлорида пиридиния и др.). Метилендиокси-защитная группа для двухатомных фенолов. Защита тиольной группы (бензильная, *n*-метоксибензильная, ацетильная).

15. Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: ацетали, кетали и их тиоаналоги. Защита с помощью енольных и енаминовых производных. Защита карбонильных соединений путем перевода в оксимы, семикарбазоны и замещенные гидразоны. Особенности защиты ароматических альдегидов и кетонов. Другие защитные группы: циангидрины, окса- и тиазолидины, имидазолидины, основания Шиффа. Селективная защита одной из неравноценных карбонильных групп в молекуле (пространственная доступность, наличие или отсутствие сопряжения карбонильной группы с двойной связью С=С). Условия введения и удаления защитных групп, их устойчивость к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Понятие о фотоудаляемых защитных группах.

16. Защита карбоксильной группы: бензиловые, метиловые, этиловые, *трет*-бутиловые, 2,2,2-трихлорэтиловые эфиры. Современные методы синтеза сложных эфиров. Удаление сложноэфирных защитных групп. Оксазолиновая защита. Защита аминогруппы. Протонирование и хелатирование. Защита ацилированием: формильная, ацетильная, бензоильная, фталоильная, сукциноильная, бензилоксикарбонильная, *трет*-бутилоксикарбонильная (БОК) группы. Защита аминосоединений путем получения алкильных и арильных производных: бензильных, тритильных, аллильных и др. Применение бензолсульфохлорида и бензальдегида для защиты аминогруппы и ее модификации. Другие производные: фосфорильные, сульфенильные, силильные. Условия введения и удаления перечисленных защитных групп, их устойчивость к воздействию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Особенности защиты гидразинов и гидроксиламинов. Способы защиты третичных аминов: протонирование, образование четвертичных солей, образование N-оксидов.

17. Декарбоксилирование карбоновых кислот и их солей. Декарбоксилирование эфиров замещенных малоновых кислот (NaCl-ДМФА). Радикальное декарбоксилирование по Бартону. Декарбонилирование альдегидов на металлическом палладии и фосфиновых комплексах палладия. Бисдекарбоксилирование с помощью тетраацетата свинца (IV). Восстановительные системы. Водород в присутствии катализатора, металл в присутствии источника H⁺, комплексные гидриды алюминия и бора.

18. Гидрирование. Типы катализаторов гидрирования: черни, окиси (катализатор Адамса), катализаторы на носителях. Металлы платиновой группы, никель Ренея, его разновидности. Борид никеля (P-1-Ni и P-2-Ni). Катализаторы для гидрирования при низком и высоком давлении, катализатор Лэзира (хромит меди). Зависимость скорости гетерогенного гидрирования от кислотности среды. Относительная скорость гидрирования функциональных групп и кратных связей. Гидрогенолиз связей углерод-гетероатом. Каталитические яды. Зависимость скорости и стереохимии процесса гидрирования от природы катализатора и строения субстрата. Селективность гидрирования. Понятие о гаптофильности. Ионное гидрирование. Восстановление растворенными металлами. Восстановление енонов. Реакция Бёрча (селективность процесса, применение в синтезе циклогексенонов и ациклических соединений).

19. Нуклеофильные восстанавливающие агенты. Комплексные гидриды металлов как восстановители: боргидрид натрия, алюмогидрид лития, алкоксиалюмогидриды и алкоксиборгидриды. Механизм и стереохимия реакций восстановления. Пространственно затрудненные комплексные гидриды. Модификация комплексных гидридов солями металлов и кислотами Льюиса. Хемоселективность восстановления карбонильной группы алкоксигидридами. Региоселективность восстановления с помощью Redal. Понятие о супергидридах: L- и LS-селектриды, их применение. Цианоборгидрид натрия и боргидрид цинка как восстановители. Восстановительное алкилирование аминов с использованием цианоборгидрида натрия в кислой среде. Алкилирование аминов в системе NaNH_4 – карбоновая кислота.

20. Электрофильные восстановители: DIBAL и диборан. Диизобутилалюминийгидрид как восстановитель, его получение. Гидроалюминирование алкинов, его обратимость и стереоселективность. Восстановление альдегидов, кетонов, α,β -енонов, сложных эфиров и нитрилов с помощью DIBAL. *транс*-Гидроалюминирование спиртов пропаргилового типа. Восстановление функциональных групп дибораном и его комплексами с простыми эфирами, аминами и сульфидами. Восстановление алкенов и алкинов через гидроборирование.

21. Методы селективного восстановления карбонильной группы. Восстановление α,β -непредельных альдегидов и кетонов. Восстановление α,β -енонов боргидридом натрия в присутствии CeCl_3 (Луше). Побочные процессы при восстановлении непредельных карбонильных соединений комплексными гидридами: внутримолекулярное гидроалюминирование и гидроборирование. Восстановление альдегидной группы в присутствии кетонной, кетонной в присутствии альдегидной. Восстановление кетонной группы в присутствии сложноэфирной и карбоксильной группы в присутствии кетонной или сложноэфирной. Восстановление сложных эфиров в присутствии амидов или нитрилов.

22. Методы замещения галогена на водород: каталитическое гидрирование, металлоорганические соединения, системы металл + спирт, сплав Ренея, Bu_3SnH . Внутримолекулярная радикальная циклизация алкенил- и алкинилгалогенидов и тиоэфиров под действием трибутилалюмогидрида. Методы дезаминирования: восстановление четвертичных аммониевых солей и третичных аминов, дезаминирование через соли арилдиазония. Восстановление связи C-N с помощью $\text{H}_2\text{NOSO}_3\text{H}$, CH_3SNa , Bu_3SnH . Дезоксигенирование спиртов и фенолов; использование тозилатов и мезилатов, N-фенилкарбаматов фенолов, система фосфор-йод, триалкилсиланы. Дезоксигенирование о-нитробензолсульфонилгидразином в условиях реакции Мицунобу. Дезоксигенирование спиртов с помощью триметилсилилиодида и цинка. Дезоксигенирование через ксантогенаты (Бартон – Мак-Комби). Превращение фенолов в анилины (перегруппировка Смайла) с последующим дезаминированием.

23. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов. Дезоксигенирование через 1,3-дитиоланы и 1,3-дитианы (метод Мозинго). Применение гидридов алюминия и бора, дезоксигенирование через тозилгидразоны. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена, их ограничения. Реагенты для восстановления сложных эфиров, S-ацилмеркаптанов, хлорангидридов, нитрилов, амидов до альдегидов: водород (Розенмунд), алкоксиалюминийгидриды, Redal. Амиды Вайнреба.

Примерная структура билета



САМАРСКИЙ
ПОЛИТЕХ
Опорный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

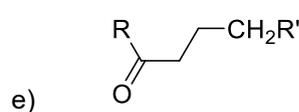
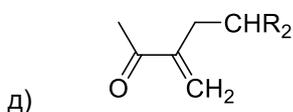
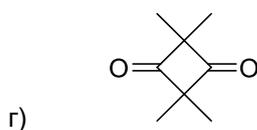
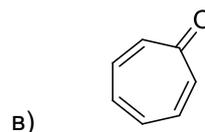
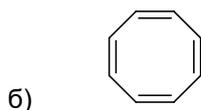
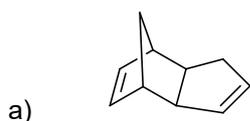
Кафедра «Органическая химия»
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по дисциплине «Планирование и методы органического синтеза»

1. Практическое проведение синтеза. Факторы, определяющие выбор оптимального пути синтеза органического соединения. Выход, число стадий, условия реакций. Исходные соединения для синтеза: их доступность, устойчивость, токсичность, пожаро- и взрывоопасность как критерии оптимального синтеза. Хемоселективность реагента. Реакции региоселективные, хемоселективные

и стереоселективные (диастереоселективные и энантиоселективные). Хемо-, регио- и стереоспецифичные реакции.

2. Условия введения и удаления защитных групп, устойчивость их к действию различных реагентов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей и др.). Стратегия использования защитных групп: принципы ортогональной стабильности и модулированной лабильности. Защита С-Н-связей в алифатических и ароматических соединениях. Защита α-метиленовой группы кетонов. Защита С-Н-связей в ароматических соединениях за счет стерического экранирования активного о-положения и за счет ориентации вновь вводимого заместителя.

3. . Какие продукты могут получиться при облучении следующих соединений:



Для направления 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

Семестр 8

Составитель:

_____ ФИО

« ____ » _____ 20__ года

Заведующий кафедрой

_____ ФИО

« ____ » _____ 20__ года

Семестр 2

Перечень вопросов к экзамену в 9 семестре

1. Уровень окисления углеродного центра и классификация функциональных групп и их взаимопревращений. Изогипсические трансформации. Неизогипсические трансформации как пути переходов между различными уровнями окисления. Реагенты окисления: соединения марганца и хрома, пероксиды, надкислоты, диоксид селена, озон, диметилсульфоксид, дихлордидицианохинон (DDQ), реагент Десса-Мартина, реагент Фетизона, нитрат аммония-церия (IV). Реакция дегидрирования.

2. Окисление спиртов до альдегидов и кетонов. Окисление аллиловых и бензиловых спиртов, ацилоинов. Окисление с помощью диметилсульфоксида: превращение алкилгалогенидов (Корнблюм), тозилатов и спиртов в альдегиды и кетоны. Методы Моффетта (дициклогексилкарбодиимид) и Сверна (трифторуксусный ангидрид). Синтез ароматических альдегидов из бензилгалогенидов через четвертичные аммониевые соли (Соммле; в присутствии *p*-нитрозодиметиланилина) и нитроны (Крэнке). Окисление спиртов и кетонов гипохлоритом натрия в двухфазной системе в присутствии TEMPO. Реагенты для окисления альдегидов в карбоновые кислоты. Превращение α,β-непредельных альдегидов в сложные эфиры.

3. Окисление простых эфиров в сложные. Окисление по связи С-Н: получение ароматических альдегидов, окисление алкенов по аллильному положению *трет*-бутилпероксибензоатом, CrO₃ в присутствии бутанола, синглетным кислородом, диоксидом селена (понятие о еновой реакции). Окисление терминальных алкинов. Дегидрирование под действием хинонов как акцепторов водорода. Окисление кетонов диоксидом селена. Оксигенирование карбанионов. Окисление алкенов галогеном в присутствии основания (бromo- и иодолактонизация непредельных карбоновых кислот) и в присутствии соли серебра (*цис*- (Вудворд) и *транс*- (Прево) гидрокселирование алкенов).

4. Эпоксидирование алкенов. Эпоксидирующие агенты: надуксусная, трифторнадуксусная и *m*-хлорнадбензойная (MCPBA) кислоты, диоксираны. Получение диоксиранов из оксона. Эпоксидирование непредельных кетонов бензолпероксимидовой кислотой (реагент Пейна). Особенности эпоксидирования α,β -непредельных кетонов, карбоновых кислот и их эфиров. Отношение альдегидов к надкислотам. Реакция Байера-Виллигера и ее конкуренция с эпоксидированием по связи C=C. Трет-бутилгидропероксид как эпоксидирующий агент. Эпоксидирование аллиловых спиртов. Энантиоселективное эпоксидирование по Шарплессу (в присутствии изопропилата титана и эфира винной кислоты). Правило Шарплесса для определения конфигурации эпоксида.

5. Окислительное расщепление связи углерод-углерод. Окисление алкенов перманганатом калия до карбоновых кислот (в том числе в условиях межфазного катализа) и до альдегидов. Укорочение цепи карбоновых кислот на одно метиленовое звено (деградация по Барбье-Виланду) и на три группы CH_2 (модификация Мишера). Расщепление 1,2-диолов иодной кислотой и тетраацетатом свинца. Озонолиз алкенов, механизм реакции. Восстановительное и окислительное расщепление озонида (1,2,4-триоксоланов). Селективность озонирования, вызванная электронными эффектами заместителей при двойной связи.

6. Основные группы карбенов. Методы генерирования: из диазосоединений, тозилгидразонов, галогенпроизводных, депротонирование катионов $\text{RCH}=\text{X}^+$. Синглетные и триплетные карбены: поведение в различных реакциях. Синтезы на основе реакций 1,1-циклоприсоединения карбенов к непредельным соединениям (реакция с алкенами, алленами, алкинами). Реакции карбенов с сопряженными диенами и ароматическими соединениями. Реакции карбенов с соединениями, содержащими кратные связи углерод-гетероатом. Синтезы на основе реакций внедрения (Раймер-Тиман, Вольф, синтез алленов по Дерингу, внедрение по связи C-H). Использование карбеноидов; реакция Симмонса-Смита. Нитрены как аналоги карбенов. Стабильные карбены. Карбены Фишера. Реакция Дёца. Метатезис алкенов. Катализаторы метатезиса. Ен-иновый метатезис и метатезис алкинов.

7. Традиционные методы введения заместителей в *o*-положения ароматических соединений: перегруппировки Фриса и Кляйзена, реакция Манниха, нитрование в *ortho*-положение, реакции Раймера-Тимана и Кольбе-Шмидта. *Ortho*-литиирование: региоселективность, направляющие группы, использование в синтезе функциональных производных аренов. Анионная перегруппировка Фриса. Дегидробензол: методы генерирования и использование в синтезе 1,2-дизамещенных аренов.

8. Литий- и магнийорганические соединения, их получение из органогалогенидов и металла. Использование магния Рике для синтеза магнийорганических соединений. Литирование органических субстратов. Шкала CH -кислотности углеводородов. Особенности синтеза винильных и аллильных литий- и магнийорганических соединений. Литирование *N,N*-диалкилкротилкарбаматов как метод синтеза гомоенолятов. Реакции литий- и магнийорганических соединений с различными электрофильными агентами.

Литий- и магнийорганические соединения аллильного типа как эквиваленты аллил-аниона. 1,3-Аллильный сдвиг. Комплексы аллилникеля в реакциях алкилирования и в синтезе циклопентенонов. Синтетические эквиваленты аллильного дианиона. Генерирование аллил-анионов депротонированием.

9. Медьорганические реагенты в синтезе. Реакции Ульмана, Стефенса-Кастро, синтез диенов (Глазер-Эглинтон, Кадио-Ходкевич). Получение литийдиалкилкупратов. Их строение. Купраты низшего порядка: гомокупраты Гилмана, гетерокупраты. Купраты высшего порядка: цианокупраты. Реакция литийдиалкилкупратов с альдегидами. Реакции с галогенопроизводными различных типов, ацилгалогенидами, оксиранами, α,β -непредельными альдегидами и кетонами. Стереоселективность сочетания с 1-алкенилгалогенидами. Комплексы медьорганических соединений с галогенидами магния, их использование в синтезе. Реакция с терминальными алкинами (карбокूपрирование).

10. Реакции кросс-сочетания магний-, цинк-, олово-, кремний и борорганических соединений с органогалогенидами, катализируемые комплексами палладия (Хараш, Негиши, Стилле, Хияма, Сузуки). Получение катализаторов - комплексов палладия. Окислительное присоединение - восстановительное элиминирование как элементарные акты в реакциях кросс-сочетания. Стереоспецифичность сочетания с 1-алкенилгалогенидами. Сочетание с терминальными алкинами (Сонагашира) и с алкенами (Хек). Аллилирование по Тсуи-Тросту.

11. Кислотно-катализируемая дегидратация спиртов. Дегидратирующие агенты. Ограничения синтетического использования реакции. Дегидратация спиртов по Бургессу. Создание двойной связи углерод-углерод реакциями элиминирования из алкилгалогенидов, тозилатов, мезилатов. Основания, используемые при этом: *трет*-бутилат калия, диэтиланилин, производные пиридина и хинолина, амидины (DBN, DBU). Пиролитические реакции син-элиминирования: синтез алкенов термолизом ксантогенатов (Чугаев), N-окисей третичных аминов (Коуп), сложных эфиров, сульфоксидов и селеноксидов. Стереоспецифический синтез *цис*- и *транс*-алкенов из 1,2-диолюв (Кори, Уинтер). Региоселективный синтез алкенов из тозилгидразонов (реакции Шапиро и Бэмфорда-Стивенса).

12. Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алкенов. Требования к реагентам и аппаратурному оформлению синтеза. Растворители. Техника проведения реакции. Направленное получение *Z*- и *E*-алкенов: роль солей лития, бессолевой метод. Синтез терминальных алкинов по Кори-Фучу. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэлис-Арбузов) и их использование в синтезе алкенов (вариант Хорнера-Уэдсворта-Эммонса). Область применения реакции.

13. α -Гетероатомные карбанионы в реакциях с карбонильными соединениями. Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига. Стереонаправленный синтез *Z*- и *E*-алкенов из α -силилированных кетонов. α -Сульфонилазамещенные карбанионы как реагенты олефинирования. Реакция Джулиа-Лижо, модификация с использованием N-фенилтетразолилсульфонов. Метиленирование карбонильных соединений карбеновыми комплексами титана (Теббе, Петасис). Илиды серы в реакциях с альдегидами и кетонами. Реакция Кори-Чайковского. Синтез алкенов из α -галогенсульфонов (реакция Рамберга-Бэклунда).

14. Алкилирование карбонильных соединений. Особенности алкилирования циклических β -дикетонов. Амбидентный характер енолят-анионов. Контроль региоселективности алкилирования кетонов, основанный на модификации исходного субстрата, изменения природы основания и полярности растворителя. Кинетически- и термодинамически контролируемые процессы енолизации, условия их осуществления. Методы генерирования ионных енолятов с помощью алколюлятов и амидов щелочных металлов. Применение пространственно затрудненных амидов. Азотсодержащие производные альдегидов и кетонов в реакции α -алкилирования. Ионные еноляты карбоновых кислот и их производных. Еноляты цинка в реакции Реформатского.

15. Реакции ковалентных енолятов с электрофилами. Синтез и свойства силиленолятов. Енамины как эквиваленты енолят-ионов (Сторк). Региоселективность образования енаминов. С-алкилирование енаминов и конкуренция с [3,3]-сигматропной перегруппировкой в случае аллилгалогенидов. Силильные производные вторичных аминов в синтезе енаминов. Альдольно-кетоновая конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Направленная альдольная конденсация с помощью литиевых енолятов. Конденсация силиловых эфиров енолов с альдегидами, кетонами, ацетальями и кетальями (Мукайма). Использование формильных (гидроксиметиленовых) производных для региоселективного алкилирования кетонов. Триметилендитиотозилат (1,3-бис(тозилтио)пропан) в этих реакциях. Бутилтио-блокирующая группа.

16. Генерирование винилогов енолятов и их синтетических эквивалентов. Особенности алкилирования енолятов α,β -непредельных кетонов, имеющих γ -протон. Равновесие между α,β - и $\beta\gamma$ -енонами. Гомоеноляты и гомоенолизация. Производные трехчленных циклов как синтетические эквиваленты гомоенолятов. d^3 -реагенты с защищенной карбонильной группой. Гетероатом-замещенные аллильные анионы: анионы аллилсиланов, сульфидов, аминов, аллиловых эфиров. Аллилкарбаматы. Гомоальдольная реакция.

17. Реакция Михаэля, ее механизмы. Доноры и акцепторы Михаэля. Основания Манниха и β -хлоркетоны как синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля; региоселективное получение оснований Манниха (трифторацетаты и перхлораты иминия). Прямое α -метиленирование кетонов солями иминия. Региоселективность присоединения нуклеофилов к α,β -непредельным карбонильным соединениям. Реакция Михаэля с гетероатомными и C-нуклеофилами. Взаимодействие с цианидами, нитронатами, анионами 1,3-дикарбонильных соединений, енаминами, силиленолятами, силилацетальями кетонов, аллилсиланами (реакция Хосоми-Сакураи), аллил- и алленилстаннанами, триалкилборанами.

18. Металлоорганические соединения в реакции Михаэля. Условия региоселективного 1,2- и 1,4-присоединения реактивов Гриньяра. Применение купратов (механизм реакции, синтез 1,5- и 1,6-дикарбонильных соединений, взаимодействие с α,β -ненасыщенными сложными эфирами и амидами). Тандемное 1,4-присоединение – α -алкилирование. Нитроалкены в качестве акцепторов Михаэля (взаимодействие с β -дикарбонильными соединениями, енолятами лития, енаминами, силиленолятами, силилацетатами кетенов). Сопряженное присоединение C-нуклеофилов в присутствии стерически затрудненных кислот Льюиса. 1,6- и 1,4-Присоединение нуклеофилов к хлорангидридам ароматических кислот. Использование производных пропиоловой кислоты в качестве акцептора Михаэля.

19. Аннелирование по Робинсону. Синтетические эквиваленты α,β -енонов: β -хлоркетоны (их синтез реакцией Кондакова), основания Манниха и α -силилированные винилкетоны. Силиленоляты и енамины в реакциях аннелирования. Реагент Назарова. Его получение и использование в создании карбо- и гетероциклических структур. Дилитиевое производное пропаргилового спирта в реакциях аннелирования с образованием пятичленного карбоцикла. *Бис*- и *трис*-аннелирование. Спиро-аннелирование с помощью илидов серы (метод Троста-Богдановича). Реакция Бейлиса-Хиллмана: исходные реагенты, катализаторы, механизм. Использование комбинации различных нуклеофилов и кислот Льюиса вместо третичных аминов.

20. Особенности кремнийорганических соединений по сравнению с их углеродными аналогами. Склонность атома кремния к образованию связей с атомами O, Cl и F. Нуклеофильное замещение при атоме кремния. Фторид-ион как высоко селективный агент десилилирования. Влияние атома кремния на стабильность β -карбениевого центра и α -карбанионного центра. Стерический эффект группы Me_3Si . Использование триметилхлорсилана в ацилоиновой конденсации. Триметилсилилцианид: его получение и применение в синтезе β -аминоспиртов и β -гидроксинитрилов.

21. Простые силиловые эфиры как O-нуклеофилы (синтетические эквиваленты спиртов). Силиловые эфиры енолов, их получение из кетонов (триметилсилилтрифлат), α,β -непредельных кетонов, β -дикетонов, эфиров β -кетокислот и производных малонового эфира. Силоксидиены, диен Данишефского (1-метокси-3-триметилсилоксибутadiен-1,3) и его применение в синтезе алициклов и гетероциклов. Генерирование литиевых и тетраалкиламмониевых енолятов из силиловых эфиров енолов (Сторк). Применение силиловых эфиров енолов в альдольной конденсации, реакциях Манниха и Михаэля. Синтез 1,4-дикетонов через нитроалкены.

22. Винилсиланы, их получение из магнийорганических соединений, из кетонов и тозилгидразина (на базе реакции Шапиро) и реакцией гидросилилирования. Восстановление алкинилсиланов алюмогидридом лития и водородом; стереоселективность этих реакций. Ациклические винилсиланы как синтетические эквиваленты кетонов. Применение α -литированных силанов для синтеза алкенов (Петерсон). Реакция Петерсона как альтернатива реакции Виттига. Стереонаправленный синтез *Z*- и *E*-алкенов из α -силилированных кетонов. Синтез силилированных диенов и их использование в реакции Дильса-Альдера.

23. Аллилсиланы. Их получение из магний- и литийорганических соединений. Десилилирование аллилсиланов с перемещением связи $\text{C}=\text{C}$ при действии электрофильных реагентов. Этинилсиланы, их получение. Присоединение аллилсиланов и этинилсиланов к альдегидам и кетонам, инициируемое фторид-ионом. Использование триметилсилильной группы в качестве защитной группы для связи C-H в терминальных алкинах. Способы удаления защитной Me_3Si -группы: под действием спиртового раствора KF, метанольного раствора щелочи, а также сочетанием реагентов: нитрат серебра - цианид калия. Защита гидроксильной группы. Стабильность силильных защитных групп к кислотному гидролизу. Ацилсиланы: получение, применение.

24. Применение борорганических соединений в синтезе. Гидроборирование алкенов: регио- и стереоселективность реакции. Взаимодействие диборана со стерически затрудненными алкенами: получение ди- и трисамилборана, тексил- и дитексилборана. Реагенты гидроборирования, используемые в синтезе: диборан и его комплексы, дисамил- и тексилбораны, 9-BBN, пирокатехинборан. Окисление алкилборанов в спирты, алкенилборанов в карбонильные соединения.

25. Карбонилирование триалкилборанов: синтез альдегидов, кетонов, первичных и третичных спиртов. Цианирование боранов как альтернатива карбонилированию. Реакции алкенил- и алкилборанов с галогенами. Образование связи C-C в результате радикальной реакции: реакции с

α,β -непредельными карбонильными и родственными соединениями. Бороновые кислоты: получение, применение в реакциях кросс-сочетания.

26. Сигматропные перегруппировки, порядок перегруппировки. Синтезы на основе [3,3]-сигматропных перегруппировок. Перегруппировки аллиловых эфиров енолов и фенолов (Кляйзен). Методы синтеза аллилвиниловых эфиров (переэтерификация алкилвиниловых эфиров, по реакции Виттига, по Теббе и Петасису). Перегруппировка аллиловых эфиров β -кетокислот и бис-анионов на основе аллилацетоацетатов (реакция Кэррола). Перегруппировки Джонсона-Кляйзена, Айрленда-Кляйзена, Эшенмозера-Кляйзена. Стереохимические особенности реакций. Тиа- и аза-перегруппировки Кляйзена. Перегруппировка Овермана.

27. Перегруппировки 1,5-диенов (Коуп). Окси-перегруппировка Коупа и ее алкоксидный вариант. Каскадные превращения с использованием перегруппировки Коупа на примере синтеза цитраля и 3-ацилпирролидинов. Аза-перегруппировка Коупа. 1,2- и 2,3-Перегруппировки Виттига, Мейзенгеймера, Стивенса. Механизм 1,2-анионных сдвигов. Перегруппировка Соммле-Хаузера. *Орто*-алкилирование фенолов и анилинов через окса- и азасульфониевые соли. Синтез изатинов и индолов по Гассману. Перегруппировка аллиловых эфиров карбоновых кислот. Синтез индолов по Фишеру. Аномальная перегруппировка Кляйзена как частный случай еноленовых перегруппировок.

Примерная структура билета



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

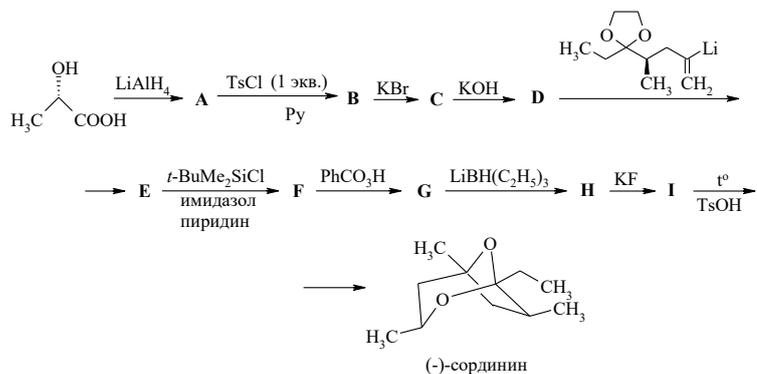
Кафедра «Органическая химия» ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Планирование и методы органического синтеза»

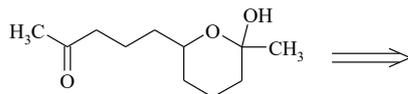
1. Сигматропные перегруппировки, порядок перегруппировки. Синтезы на основе [3,3]-сигматропных перегруппировок. Перегруппировки аллиловых эфиров енолов и фенолов (Кляйзен). Методы синтеза аллилвиниловых эфиров (переэтерификация алкилвиниловых эфиров, по реакции Виттига, по Теббе и Петасису). Перегруппировка аллиловых эфиров β -кетокислот и бис-анионов на основе аллилацетоацетатов (реакция Кэррола). Перегруппировки Джонсона-Кляйзена, Айрленда-Кляйзена, Эшенмозера-Кляйзена. Стереохимические особенности реакций. Тиа- и аза-перегруппировки Кляйзена. Перегруппировка Овермана.

2. Перегруппировки 1,5-диенов (Коуп). Окси-перегруппировка Коупа и ее алкоксидный вариант. Каскадные превращения с использованием перегруппировки Коупа на примере синтеза цитраля и 3-ацилпирролидинов. Аза-перегруппировка Коупа. 1,2- и 2,3-Перегруппировки Виттига, Мейзенгеймера, Стивенса. Механизм 1,2-анионных сдвигов. Перегруппировка Соммле-Хаузера. *Орто*-алкилирование фенолов и анилинов через окса- и азасульфониевые соли. Синтез изатинов и индолов по Гассману. Перегруппировка аллиловых эфиров карбоновых кислот. Синтез индолов по Фишеру. Аномальная перегруппировка Кляйзена как частный случай еноленовых перегруппировок.

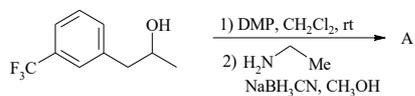
3. Расшифруйте схему синтеза (-)-сординина (феромона бананового долгоносика *Cosmopolites sordidus*):



4. Проведите ретросинтетический анализ и напишите схему синтеза соединения следующего строения:



5. Приведите формулу конечного продукта и необходимые уравнения реакций:



Для направления 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

Семестр 8

Составитель:

_____ ФИО

« ____ » _____ 20__ года

Заведующий кафедрой

_____ ФИО

« ____ » _____ 20__ года

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания
знаний, умений, навыков,
характеризующих этапы формирования компетенций.
Описание шкал оценивания**

Учебная дисциплина формирует компетенции в соответствии с разделом 1 рабочей программы дисциплины, процедура оценивания представлена в таблице 2 и реализуется поэтапно:

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций. Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных индикаторов достижения компетенций, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.

Характеристика процедуры контроля по дисциплине:

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания (экспертный, самооценка, групповая оценка, взаимооценка)	Виды выставляемых оценок (по пятибалльной шкале, зачтено /не зачтено, баллы)	Способ учета индивидуальных достижений обучающихся
1.	Отчет по лабораторной работе	Систематически на лабораторных занятиях, устно	Экспертный	Зачтено / не зачтено	Журнал учета успеваемости
2.	Курсовая работа	По окончании 9 семестра, устно	Экспертный	По пятибалльной шкале	Журнал учета успеваемости, зачетная ведомость, зачетные книжки и учебные карточки, портфолио
3.	Экзамен	По окончании семестра, устно	Экспертный	По пятибалльной шкале	Журнал учета успеваемости, зачетная ведомость, зачетные книжки и

					учебные карточки, портфолио
--	--	--	--	--	-----------------------------

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Лабораторные работы, практические занятия, практика оцениваются: «зачет», «незачет». Возможно использование балльно-рейтинговой оценки.

Шкала оценивания:

«Отлично» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 80 % и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

«Хорошо» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 70 % и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

«Удовлетворительно» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 50% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

«Неудовлетворительно» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций менее чем на 50% (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.

Соответствие критериев оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) системам оценок представлено в табл. 4

Таблица 4

Интегральная оценка

Критерии	Традиционная оценка	Балльно-рейтинговая оценка
5	5	86 - 100
4	4	61-85
3	3	51-60
2 и 1	2, Незачет	0-50
5, 4, 3	Зачет	51-100

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.