

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол от

31 августа 2021 г. № 11

Рабочая программа дисциплины

Использование соединений непереходных и переходных металлов в органическом синтезе

Направление подготовки

04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки

02.00.01 «Неорганическая химия»; 02.00.02 «Аналитическая химия»;

02.00.03 «Органическая химия»;

02.00.04 «Физическая химия»; 02.00.06 «Высокомолекулярные соединения»;

02.00.08 «Химия элементоорганических соединений»

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Использование соединений непереходных и переходных металлов в органическом синтезе» относится к числу общепрофессиональных дисциплин, является дисциплиной по выбору и изучается на 3 году обучения, в 5 семестре.

Цели дисциплины:

Формирование знаний о новейшем и интенсивно развивающемся направлении современной химии – химии пероксидных соединений, получение представлений о механизмах гомогенных и гетерогенных каталитических реакций с их участием, освоение основных методов синтеза и реакционной способности различных пероксидных соединений, в том числе и металлосодержащих пероксидов.

Задачи дисциплины:

- Рассмотреть реакции окисления элементоорганических соединений (ЭОС) кислородом, выявить их закономерности и особенности.
- Рассмотреть реакции непереходных металлов с органическими пероксидами, выявить их закономерности и особенности;
- Сформировать навыки синтеза пероксидов и изучить реакции их термического распада;
- Дать информацию о практическом применении металлоорганических пероксидов: в синтезе (со)полимеров винилового ряда и как эффективных низкотемпературных окислителей С-Н связей углеводов и некоторых их производных, включая amino-. серасодержащих и др.

Для успешного усвоения дисциплины аспирант должен знать основные теоретические положения следующих дисциплин:

- "Органическая химия" (теоретические представления органической химии, знания о составе, строении и свойствах основных классов органических соединений, владение основами органического синтеза, основные положения о механизмах органических реакций);
- "Химия элементоорганических соединений" (теоретические представления о природе связи и закономерностях структурного строения органических соединений переходных и непереходных металлов, химические свойства элементоорганических соединений);
- "Физическая химия" (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии);
- "Физические методы исследования" (ИК, ЯМР, ЭПР).

В результате освоения дисциплины аспирант формирует представление о важнейших и интенсивно развивающихся направлениях современной органической химии – химии органических и металлоорганических пероксидов, знание особенностей взаимодействия элементоорганических соединений I, II, III и т.д. групп с кислородом и пероксидами, умение освоения методов синтеза органических и металлоорганических пероксисоединений и реакций их термического распада,

навыков владения информацией об использовании металлоорганических пероксидов в синтезе (со)полимеров винилового ряда и как эффективных низкотемпературных окислителей С-Н связей углеводов и некоторых их производных, включая amino-. серасодержащих и др.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-1 завершающий</i>	<p><i>З1 Знать:</i> цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
<i>ПК-1 завершающий</i>	<p><i>З1 Знать:</i> перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах; приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме; проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме под научным руководством или в составе небольшой научной группы; современными методиками исследований; навыками анализа научно-технической литературы.</p>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 18 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 54 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Реакции окисления кислородом непереходных металлоорганических соединений, гомолитические реакции окисление элементоорганических соединений (ЭОС), проходящие в зависимости от центрального атома металла, строения, лигандного окружения, среды и т.д.	12	-	3	-	-	3	9
Реакции непереходных (ЭОС) с органическими пероксидами (гидропероксиды, алкильные и ацильные пероксиды, др.)	12	-	3	-	-	3	9
Синтезы металлсодержащих пероксидов и реакции их термического разложения	12	-	3	-	-	3	9
Металлоорганические пероксиды, как эффективные низкотемпературные окислители углеводородов, amino-, серасодержащих и других элементосодержащих производных	12	-	3	-	-	3	9
Металлосодержащие пероксиды как низкотемпературные радикальные инициаторы в синтезе виниловых полимеров и их сополимеров	12	-	3	-	-	3	9
Пероксиды в синтезе МОС сурьмы, висмута, а также в тонком органическом синтезе	12	-	3	-	-	3	9
Аттестация по дисциплине: зачет							
Итого	72	-	18	-	-	54	54

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Реакции окисления кислородом непереходных металлоорганических соединений, гомолитические реакции окисление элементоорганических соединений (ЭОС), проходящие в зависимости от центрального атома металла, строения, лигандного окружения, среды и т.д.	Реакции литийорганических соединений с кислородом Реакционная способность МОС второй группы в зависимости от природы центрального атома металла на примере бора и алюминия, а также галлия, индия и таллия с кислородом Реакционная способность МОС элементов IV группы (кремний, германий, олово, свинец) с кислородом. Роль промежуточно образующихся пероксидных соединений в реакциях окисления.	Занятия семинарского типа, самостоятельная работа аспиранта	Индивидуальные задания
2	Реакции непереходных (ЭОС) с органическими пероксидами (гидропероксиды, алкильные и ацильные пероксиды, др.)	Соли (лития, калия, натрия и др.) гидропероксидов Реакции МОС II группы (магния, кадмия) с гидропероксидами. Особенность реакционной способности ртутьорганических соединений с гидропероксидами Взаимодействие гидропероксидов с органическими производными III группы (бор, алюминий, таллий) в зависимости от строения центрального атома металла, лигандов, окружения. Металлсодержащие пероксидные производные. Синтезы металлорганических пероксидов при взаимодействии производных кислород, азот-, галогенсодержащих и др. МОС IV группы с гидропероксидами. Взаимодействие элементов V группы (фосфора, особенно сурьмы, висмута) с	Занятия семинарского типа, самостоятельная работа аспиранта	Индивидуальные задания рефераты

		<p>гидропероксидами.</p> <p>Окислительный метод.</p> <p>Реакции ЭОС IV группы (кремния, германия, олова, свинца) с алкильными пероксидами (S_{N2} - реакции замещения).</p> <p>Взаимодействие элементоорганических соединений кремния, германия, олова, свинца с ацильными пероксидами.</p>		
3	Синтезы металлсодержащих пероксидов и реакции их термического разложения	<p>Тип R_nMOOBu^I (ртуть, таллий, кремний, германий, олово, свинец, сурьма, висмут и др) – металлоорганические пероксиды.</p> <p>тип R_nMOOMR_n и $R_nMOOM^I R_m$ – органометаллические пероксиды (n, m – порядковые числа),</p> <p>тип органические пероксиды с металлоорганическими фрагментами.</p> <p>Гомолитические и гетеролитические реакции металлсодержащих пероксидов, реакции перегруппировок, реакции с сохранением кислород-кислород связей и др.</p> <p>Металлоорганические пероксиды как источники электронно-возбужденного кислорода.</p>	<p>Занятия семинарского типа,</p> <p>самостоятельная работа аспиранта</p>	<p>Индивидуальные задания</p> <p>рефераты</p>
4	Металлоорганические пероксиды, как эффективные низкотемпературные окислители углеводов, amino-, серасодержащих и других элементосодержащих производных	<p>Низкотемпературные радикальные инициирующие системы на основе некоторых производных МОС II и III групп и кислорода.</p> <p>Низкотемпературные инициирующие системы на основе МОС II и III групп и органических пероксидов, гидропероксидов, пероксидов алкилов и ацильных пероксидов</p> <p>Эффективные низкотемпературные инициирующие системы на</p>	<p>Занятия семинарского типа,</p> <p>самостоятельная работа аспиранта</p>	<p>Индивидуальные задания</p> <p>рефераты</p>

		основе МОС III группы (алюминия и особенно бора) и элементосодержащих пероксидов.		
5	Металлосодержащие пероксиды как низкотемпературные радикальные инициаторы в синтезе виниловых полимеров и их сополимеров	Источники синглетного кислорода в жидкой фазе Источники электронно-возбужденного кислорода на основе трет.-бутилатов алюминия и некоторых трет.-бутилатов переходных металлов 3d-ряда с промежуточным образованием соответствующих озонидов $L\cdot MOOBu^I$. Реакции трифенилалюминия с гидропероксидом трет.-бутила, образование висмутсодержащих η^2 -пероксидов.	Занятия семинарского типа, самостоятельная работа аспиранта	Индивидуальные задания рефераты
6	Пероксиды в синтезе МОС сурьмы, висмута, а также в тонком органическом синтезе	Пероксиды в синтезе МОС сурьмы, висмута, а также в тонком органическом синтезе	Занятия семинарского типа, самостоятельная работа аспиранта	Индивидуальные задания рефераты

** В рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций может осуществляться текущий контроль успеваемости*

4. Образовательные технологии

Использование мультимедийных презентаций. Аспирантам предоставляется возможность копирования презентаций для выполнения самостоятельной работы, подготовки к итоговому контролю. Дисциплина имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Самостоятельная работа. Умение работать с учебной и научной литературой; производить расчеты; пользоваться химическим языком. Развитие самостоятельности, интеллектуальных умений, умение анализировать явления и делать выводы.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме индивидуальных заданий, написания рефератов, как контроля самостоятельной работы.

Итоговый контроль по данному курсу проводится в виде зачета на знание материала по контрольным вопросам.

Типовые вопросы для проведения зачета:

Тема 1

1. Проблемы высокотемпературного ($\sim 120^\circ\text{C}$) радикального окисления углеводородов. Окисление этилбензола, изопропилбензола и др.

Тема 2

2. Проблемы окисления МОС 1-ой, 2-ой и 3-ей групп. Рассмотреть механизмы окисления на примере МОС бора или алюминия. Синтетические возможности реакций МОС 1-ой и 2-ой групп с O_2 и пероксидами.
3. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями металлов 1,2,3 групп.
4. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями 4-ой и 5-ой групп с целью получения металлоорганических пероксидов.

Тема 3

5. Возможные пути синтеза металлоорганических пероксидов (M-OOBu-t), органометаллических (M-OO-M и M-OO-M') и пероксидов с металлсодержащим фрагментом,
6. Примеры реакций металлоорганических пероксидов с сохранением $-\text{O-O}-$ связи.
7. Реакция алкильных и ацильных пероксидов с металлоорганическими соединениями 1-ой, 2-ой и 3-ей групп.

Тема 4

8. Низкотемпературные радикальные иницирующие системы на основе МОС III группы (Al, B) с O_2 , органическими металлоорганическими пероксидами в синтезе полимеров винилового ряда
9. Особенности радикальной полимеризации виниловых мономеров на системах R_3B –металлоорганический пероксид.
10. Окислительный метод в синтезе производных сурьмы (V) и висмута (V). Каталитические реакции O, N и C-арилирования. Реакция Балтона – Додонова.
11. Активация диоксида на металлическом центре. Пероксидные производные озонидов и η^2 -пероксидов как эффективные низкотемпературные (20°C) окислители органических субстратов (на примере предельных углеводородов).
12. Свободно-радикальные реакции. Внешние признаки (Гомберг). Прямые методы фиксации свободных радикалов ЭПР (Завойский, Воеводский). Флеш-фотолиз (Нориш, Портер).

13. Термический распад углеводов (качественная оценка гомолитического и гетеролитического разрыва С-С связи. Распад металлоорганических соединений (работа Панетта, Разуваева).

Тема 5

14. Источники свободных радикалов. Термолиз: ацильные пероксиды: диацетилпероксиды, диалкилпероксидикарбонаты, перэфиры. Особенности термораспада азосоединения: азометаны, азобензил, динитрилазоизомасляной кислоты (ДАК) нитрозофенилацетоамид.
15. Источники свободных радикалов. Фотолиз: металлоорганических соединений, CCl_4 , BrCCl_3 , ацетона, бензофенона, виниловые мономеры. Фотосенсибилизированный путь регенерирования радикалов, γ -облучение.
16. Образование радикалов путём переноса электрона (синтез Кольбе). Редокс-системы (работы Фентона, Хараша – Сосновского, Разуваева).
17. Системы: металлический натрий – бензофенон, натрий – нафталин, $\text{RMgX} - \text{CoX}_2$, $\text{MOC} -$ пероксид и др. Метод химической поляризации ядер – ХПЯ.
18. Строение радикала: стабилизация и реакционная способность.
19. Стабилизация в алкильных радикалах (σ -сопряжение), в арильных, алкильных радикалах (π -сопряжение, в галогенсодержащих радикалах, трихлорметильный радикал (σ -сопряжение)). Пространственно-затруднённые арилоксильные и азотоксильные радикалы.
20. Реакции распада алкилоксильных радикалов при повышенных температурах, ацилокси-радикалов на примере меченой ^{18}O перекиси ацетила, клеточные эффекты (работы Шварца).
21. Перегруппировки радикалов : β -распад, изомеризация в непредельных радикалах, пространственно-затруднённых арилоксильных радикалах. Реакция циклогексанона и других циклокетонов с реагентом Фентона.
22. Транс-аннулярные перегруппировки на примере ионола и в кремний-замещенных пространственно-затрудненных фенолах (Разуваев). Перегруппировки в галогенсодержащих радикалах (работы Фрейдлиной).
23. Реакции замещения на примере меченых $^{14}\text{CH}_3$ -радикалов с ацетоном и диметилртутью. Индуцированный распад диацилатов ртути (диацетата ртути) под действием алкильных радикалов (реакции Разуваева, Ольдекопа, Майера).
24. Бимолекулярное замещение кислородцентрированных радикалов на металлическом центре – SR_2 -реакции (А. Дэвис)
25. Взаимодействие свободных радикалов с ароматическими соединениями (работы акад. Медведева). Изучение реакций гомолитического замещения в ароматическое кольцо с использованием меченых ^{14}C -атомов (Разуваев, Петухов). Работы De Loc F. De Tora

26. Влияние атома хлора в ароматическом кольце (coupling reaction) при гомолитическом замещении фенильными радикалами (реакция Ульмана, Хейя). Бирадикалы.

Тема 6

27. Пероксиды в синтезе МОС сурьмы в тонком органическом синтезе
28. Пероксиды в синтезе МОС висмута, а также в тонком органическом синтезе

Темы рефератов:

1. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями металлов 1,2,3 групп.
2. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями 4-ой и 5-ой групп с целью получения металлоорганических пероксидов.
3. Возможные пути синтеза металлоорганических пероксидов (M-OOBu-*t*), органометаллических (M-OO-M и M-OO-M') и пероксидов с металлсодержащим фрагментом,
4. Реакции металлоорганических пероксидов с сохранением –O-O-связи.
5. Реакции алкильных и ацильных пероксидов с металлоорганическими соединениями 1-ой, 2-ой и 3-ей групп.
6. Низкотемпературные радикальные иницирующие системы на основе МОС III группы (Al, B) с O₂, органическими металлоорганическими пероксидами в синтезе полимеров винилового ряда.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Критерии оценок

Уровень освоения учебной дисциплины обучающимися определяется следующими оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» предполагает:

- хорошее знание основных терминов и понятий курса;
 - последовательное изложение материала;
 - умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов;
 - достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета;
 - умение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответе на зачете.
- Оценка «не зачтено» предполагает:
- неудовлетворительное знание основных терминов и понятий курса;
 - отсутствие логики и последовательности в изложении материала;
 - неумение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;
 - неумение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответах на зачете.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Задачи для оценки компетенции «ОПК-1»:

1. Проблемы высокотемпературного (~120°C) радикального окисления углеводов. Окисление этилбензола, изопропилбензола и др.
2. Проблемы окисления МОС 1-ой, 2-ой и 3-ей групп. Рассмотреть механизмы окисления на примере МОС бора или алюминия. Синтетические возможности реакций МОС 1-ой и 2-ой групп с O₂ и пероксидами.
3. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями металлов 1,2,3 групп
4. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями 4-ой и 5-ой групп с целью получения металлоорганических пероксидов.
5. Возможные пути синтеза металлоорганических пероксидов (M-OOBu-*t*), органометаллических (M-OO-M и M-OO-M') и пероксидов с металлосодержащим фрагментом,
6. Примеры реакций металлоорганических пероксидов с сохранением –O-O-связи.
7. Реакция алкильных и ацильных пероксидов с металлоорганическими соединениями 1-ой, 2-ой и 3-ей групп.

Задачи для оценки компетенции «ПК-1»

1. Низкотемпературные радикальные иницирующие системы на основе МОС III группы (Al, B) с O₂, органическими металлоорганическими пероксидами в синтезе полимеров винилового ряда
2. Особенности радикальной полимеризации виниловых мономеров на системах R₃B–металлоорганический пероксид.
3. Окислительный метод в синтезе производных сурьмы (V) и висмута (V). Каталитические реакции O, N и C-арилирования. Реакция Бартон – Додонова.
4. Активация диоксида на металлическом центре. Пероксидные производные озонидов и \square^2 -пероксидов как эффективные низкотемпературные (20°C) окислители органических субстратов (на примере предельных углеводов).
5. Свободно-радикальные реакции. Внешние признаки (Гомберг). Прямые методы фиксации свободных радикалов ЭПР (Завойский, Воеводский). Флеш-фотолиз (Нориш, Портер).
6. Термический распад углеводов (качественная оценка гомолитического и гетеролитического разрыва C-C связи. Распад металлоорганических соединений (работа Панетта, Разуваева).
7. Источники свободных радикалов. Термолиз: ацильные пероксиды: диацетилпероксиды, диалкилпероксидикарбонаты, перэфиры. Особенности термораспада азосоединения: азометаны, азобензил, динитрилаизомаксимариновой кислоты (ДАК), нитрозофенилацетамид.
8. Источники свободных радикалов. Фотолиз: металлоорганических соединений, CCl₄, BrCCl₃, ацетона, бензофенона, виниловые мономеры. Фотосенсибилизированный путь регенерирования радикалов, \square -облучение.
9. Образование радикалов путём переноса электрона (синтез Кольбе). Редокс-системы (работы Фентона, Хараша – Сосновского, Разуваева).
10. Системы: металлический натрий – бензофенон, натрий – нафталин, RMgX – CoX₂, МОС – пероксид и др. Метод химической поляризации ядер – ХПЯ.
11. Строение радикала: стабилизация и реакционная способность.
12. Стабилизация в алкильных радикалах (e- σ сопряжение), в арильных, алкенильных радикалах (e- π -сопряжение, в галогенсодержащих радикалах, трихлорметильный

- радикал (e-p-сопряжение). Пространственно-затруднённые арилоксильные и азотоксильные радикалы.
13. Реакции распада алкилоксильных радикалов при повышенных температурах, ацилокси-радикалов на примере меченой ^{18}O перекиси ацетила, клеточные эффекты (работы Шварца).
 14. Перегруппировки радикалов : □-распад, изомеризация в непредельных радикалах, пространственно-затруднённых арилоксильных радикалах. Реакция циклогексанона и других циклокетонов с реагентом Фентона.
 15. Транс-аннулярные перегруппировки на примере ионола и в кремний-замещенных пространственно-затруднённых фенолах (Разуваев). Перегруппировки в галогенсодержащих радикалах (работы Фрейдлиной).
 16. Реакции замещения на примере меченых $^{14}\text{CH}_3$ -радикалов с ацетоном и диметилртутью. Индуцированный распад диацетатов ртути (диацетата ртути) под действием алкильных радикалов (реакции Разуваева, Ольдекопа, Майера).
 17. Бимолекулярное замещение кислородцентрированных радикалов на металлическом центре – SR_2 -реакции (А. Дэвис)
 18. Взаимодействие свободных радикалов с ароматическими соединениями (работы акад. Медведева). Изучение реакций гомолитического замещения в ароматическое кольцо с использованием меченых ^{14}C -атомов (Разуваев, Петухов). Работы De Loc F. De Tora
 19. Влияние атома хлора в ароматическом кольце (coupling reaction) при гомолитическом замещении фенильными радикалами (реакция Ульмана, Хейя). Бирадикалы.
 20. Пероксиды в синтезе МОС сурьмы в тонком органическом синтезе
 21. Пероксиды в синтезе МОС висмута, а также в тонком органическом синтезе

Темы рефератов для оценки компетенции «ПК-1»

1. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями металлов 1,2,3 групп.
2. Реакции гидропероксидов с металлоорганическими соединениями 4-ой и 5-ой групп с целью получения металлоорганических пероксидов.
3. Возможные пути синтеза металлоорганических пероксидов (M-OOBu-t), органометаллических (M-OO-M и M-OO-M') и пероксидов с металлсодержащим фрагментом,
4. Реакции металлоорганических пероксидов с сохранением О-О связи.
5. Реакции алкильных и ацильных пероксидов с металлоорганическими соединениями 1-ой, 2-ой и 3-ей групп.
6. Низкотемпературные радикальные иницирующие системы на основе МОС III группы (Al, B) с O_2 , органическими металлоорганическими пероксидами в синтезе полимеров винилового ряда.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Металлоорганическая химия [Электронный ресурс] / К. Эльшенбройх ; пер. с нем. -2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014 — 746 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313327.html>

2. Биометаллоорганическая химия [Электронный ресурс] / ред. Ж. Жауэн - М. : БИНОМ, 2015. - 505 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996324033.html>

3. Киселев, Ю. М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 1. : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю. М. Киселев. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 439 с. <https://biblio-online.ru/book/EBA9B14E-733D-4223-AEE0-751D820EC127>

б) дополнительная литература:

1. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=485774>

2. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III / М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 388 с . <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=500800>

3. Киселев, Ю. М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 2. : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю. М. Киселев. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 229 с. <https://biblio-online.ru/book/29B623B4-9585-4AE3-B588-D309512FB4BF>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://pubs.acs.org>

<http://www3.interscience.wiley.com>

<http://www.thieme-connect.com>

<http://springer.metapress.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор

д.х.н., профессор _____ Гущин А.В.

Рецензент

д.х.н., профессор _____ Артемов А.Н.

**Заведующий кафедрой органической химии
химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского** _____ **Федоров А.Ю.**

Программа рекомендована на заседании кафедры органической химии от «___»
_____ 2021 г. протокол № ____.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии химического факультета от 27
августа 2021, протокол № 1.

Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций), шифр	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ОПК-1					
ЗНАТЬ: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Сформированные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности
УМЕТЬ: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи
ВЛАДЕТЬ: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации

исследований					
ВЛАДЕТЬ: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Успешное и систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов
ВЛАДЕТЬ: навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	Успешное и систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности
ЗНАТЬ: перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Неполные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Полные и систематические знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах
ПК-1					
ЗНАТЬ: приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития	Неполные знания о знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития	Сформулированные, но содержащие отдельные проблемы знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также	Полные и систематические знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные

Федерации		науки, технологий и техники в Российской Федерации	науки, технологий и техники в Российской Федерации	приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации
УМЕТЬ: прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	Отсутствие умений	Частично освоенное умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	Успешное и систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме
УМЕТЬ: проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	Отсутствие умений	Частично освоенное умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	Успешное и систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки
ВЛАДЕТЬ: навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской	В целом успешное, но не систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-	В целом успешное и систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-

		организации	организации	исследовательской организации	исследовательской организации
ВЛАДЕТЬ: навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях	В целом успешное, но не систематическое применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях	В целом успешное и систематическое применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях