

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
Свободно-радикальные реакции в жидкой фазе

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки
02.00.03 «Органическая химия»

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2021

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

Дисциплина «Свободно-радикальные реакции в жидкой фазе» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на 2 году обучения, в 4 семестре.

Курс непосредственно связан с научным направлением, традиционно развиваемым на кафедре органической химии по изучению окислительных способностей элементсодержащих пероксидов и систем, включающих соединения металлов и гидропероксиды, и предназначен для студентов, специализирующихся по данной кафедре.

Цель данного курса – проанализировать и в доступной форме изложить основные положения химии радикальных реакций, протекающих в жидкой фазе. Необходимость данного курса также возникла в связи с тем, что в литературе нет источников, которые однозначно помогли бы аспирантам разобраться в указанной области знаний.

Один из важнейших источников радикалов – органические пероксиды. В связи с этим, в курсе подробно рассмотрены методы получения органических пероксидов и их химические свойства, а именно: термораспад и облучение в различных растворителях. В последние десятилетия получила развитие химия новых нетрадиционных окислителей, содержащих связанный кислород, таких как диоксираны R_2CO_2 , карбонилпероксиды R_2COO ($R = Ph$), полипероксиды общей формулы RO_xR , где $x = 3$ (диалкилтрипероксиды и алкилгидротрипероксиды) и $x = 4$ (диалкилтетрапероксиды). Поэтому в курсе приведены механизмы их образования, установлены общие закономерности пространственного строения, термораспада, а также реакции окисления различных субстратов. Проведен анализ реакционной способности как в ряду полипероксидов одного класса, так и при увеличении числа атомов кислорода полипероксидной цепочки от двух до четырех.

Другим немаловажным источником свободных радикалов являются металлоорганические пероксиды (МОПС), методы синтеза и свойства которых также рассмотрены в курсе. Особое внимание уделено распаду ЭОПС и их реакциям с органическими пероксидами, проходящим с разрывом O-O связей.

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);
- "Химия элементоорганических соединений" (теоретические основы, касающиеся типов связей элемент (металл) – лиганд, методов синтеза ЭОС, химические свойства и реакционная способность, вопросы практического использования);
- "Физическая химия" (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии);
- "Физические методы исследования" (ИК-, ЯМР-, ЭПР-спектроскопия).

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

Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Код формируемой компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций |
|-----------------------------|--|
| ПК 2 базовый | <p>ЗНАТЬ: современное состояние науки в области органической химии и в смежных областях.</p> <p>ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности)</p> |

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа (18 часов лекции, 54 часа самостоятельная работа обучающегося).

Таблица 2

Структура дисциплины

| Наименование раздела дисциплины | Всего, часов | В том числе | | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часов |
|--|--------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|-------|--|
| | | Контактная работа, часов | | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Консультации | Всего | |
| Предмет курса. Классификация и номенклатура органических и элементоорганических пероксидов | 8 | 2 | - | - | - | 2 | 6 |
| Введение О-О группы в органическую молекулу | 8 | 2 | - | - | - | 2 | 6 |
| Структура органических пероксидов | 4 | 1 | - | - | - | 1 | 3 |

| | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Распад органических пероксидов. Классификация процессов распада. | 8 | 2 | - | - | - | 2 | 6 |
| Реакции металлоорганических соединений с кислородом и пероксидами. | 20 | 5 | - | - | - | 5 | 15 |
| Общие закономерности синтеза различных металлоорганических пероксидов, их гомолитические и гетеролитические превращения. | 12 | 3 | - | - | - | 3 | 9 |
| Органические полиоксиды, методы синтеза, строение и их реакционная способность. | 12 | 3 | - | - | - | 3 | 9 |
| Аттестация по дисциплине: зачет | | | | | | | |
| Итого | 72 | 18 | - | - | - | 18 | 54 |

Таблица 3

Содержание дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Форма проведения занятия | Форма текущего контроля* |
|----------|---|---|---|--------------------------|
| 1 | Предмет курса. Классификация и номенклатура органических и элементоорганических пероксидов | Классификация и номенклатура органических и элементоорганических пероксидов | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Индивидуальные задания |
| 2 | Введение О-О группы в органическую молекулу | Получение пероксида водорода (электрохимический метод, окисление 2,2-антрахинолов и изопропилового спирта). Сонолиз воды. Автоокисление углеводородов. Механизм. Селективность окисления различных С-Н связей. Окисление алканов, алкиларенов (кумол, гексафенилэтан), алкенов (с раскрытием двойных связей и без их участия). Окисление спиртов (различия в случае первичных, вторичных и третичных спиртов), альдегидов, кетонов и простых эфиров. Получение органических пероксидов (ОП) по реакциям нуклеофильного замещения. | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Индивидуальные задания |

| | | | | |
|---|--|---|---|------------------------|
| | | <p>Алкилирование пероксида водорода и других гидропероксидов. Механизм S_N1 и S_N2. Влияние на скорость процесса строения алкилирующего агента, нуклеофильного субстрата и других факторов. Примеры использования алкилсульфатов, спиртов, простых эфиров, алкилгалогенидов.</p> <p>Ацилирование пероксида водорода, гидропероксидов и перкислот. Типы ацилирующих реагентов и условия их применения.</p> <p>Реакции нуклеофильного присоединения алкенов, карбонильных соединений. Механизм. Влияние строения исходных соединений на скорость реакций. Катализ кислотами и щелочами.</p> <p>Озонирование алкенов, аренов, алканов. Механизм.</p> | | |
| 3 | Структура органических пероксидов | <p>Внутримолекулярная и межмолекулярная ассоциация. Диэдральный угол. Энергия диссоциации О-О связи.</p> | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Индивидуальные задания |
| 4 | Распад органических пероксидов. Классификация процессов распада. | <p>4.1. Радикальный распад ОП.</p> <p>Классификация процессов распада по фазовому состоянию, молекулярности, способам инициирования. Типы первичных радикальных продуктов распада.</p> <p>Мономолекулярный распад дибензоилпероксида (ПБ) без растворителя, в CCl_4, стироле, изооктане и аренах.</p> <p>Индукцированный распад в изопропиловом спирте, эфире.</p> <p>Индукцированный распад ПБ в углеводородах и CCl_4 с образованием замещенных бензойных кислот.</p> <p>Особенности разложения диацетилпероксида.</p> <p>Мономолекулярный распад ди-</p> | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Индивидуальные задания |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p><i>трет</i>-бутилпероксида в газовой фазе, в кумоле, стироле. Индуцированный распад по О-О связи в спиртах, эфире, аминах; по О-О и γ-С-Н связям в жидкой фазе без растворителя, в стироле. Индуцированный распад бис(2-метил-2-гексил)пероксида по О-О и ε-С-Н связям без растворителя.</p> <p>Распад перэфиров. Гомолиз О-О связи и синхронное расщепление О-О и С-С связей. Мономолекулярный распад <i>трет</i>-бутилпер(2-метил-2-фенил)пропионата в инертном PhCl. Индуцированный распад <i>трет</i>-бутилперацетата по О-О связи в спиртах, эфирах в присутствии Bu_3SnH. Мономолекулярный распад ЦПК в CCl_4, циклогексене. Индуцированный распад ЦПК в бензоле по О-О, β-С-О и δ-С-Н связям. Мономолекулярный распад пероксида водорода в воде. Индуцированный распад в спиртах и эфире. Катализ распада H_2O_2 солями железа.</p> <p>4.2. Нерадикальные превращения ОП.</p> <p>Гидропероксиды (распад в присутствии кислот и щелочей).</p> <p>Перкислоты (некаталитический распад, гидролиз в присутствии кислот и щелочей).</p> <p>Диалкилпероксиды (некаталитическая перегруппировка, кислый гидролиз, распад в присутствии щелочей).</p> <p>Диацилпероксиды (некаталитическая перегруппировка, гидролиз под действием кислот и щелочей, перегруппировка в присутствии хлорида алюминия).</p> <p>Перэфиры (некаталитическая</p> | | |
|--|--|--|--|--|

| | | | | |
|---|---|---|--|-------------------------------|
| | | <p>перегруппировка, щелочной гидролиз, распад в присутствии кислот и щелочей). Перкарбонаты (распад ЦПК в присутствии $AlCl_3$).</p> | | |
| 5 | <p>Реакции металлоорганических соединений с кислородом и пероксидами.</p> | <p>МОС I группы. Механизмы автоокисления литийорганических соединений. Особенности окисления α- и γ-дипитиевых и динатриевых МОС. Гетеролитическое взаимодействие алкиллития с гидропероксидами, перкислотами, диацилпероксидами, перэфирами. Гетеролитический и гомолитический путь реакций с диалкилпероксидами. МОС II группы. Влияние на скорость автоокисления МОС природы металла, строения органических лигандов (алкильных, арильных, алкоксигрупп и галогенов). Механизм автоокисления МОС Mg, Zn и Cd в отличие от Hg. Гетеролитическое взаимодействие реактивов Гриньяра с ROOH, HOOH, ПБ, $PhCO_3Bu-t$, два направления реакции с ПТБ. Гетеролитические реакции МОС цинка, кадмия с ГПТБ, гомолитические реакции R_2Cd с ПБ. Радикальные превращения в реакциях R_2Hg с ГПТБ, ПТБ и ПБ. МОС III группы. Влияние на скорость автоокисления МОС природы металла, строения органических лигандов (алкильных, арильных, алкоксигрупп и галогенов), растворителей и добавок оснований Льюиса. Механизм радикального автоокисления R_3M ($M = B, Al, Ga, In$). Отношение к кислороду первичных, вторичных и третичных алкоксидов</p> | <p>Лекции, самостоятельная работа обучающегося</p> | <p>Индивидуальные задания</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p>алюминия. Отличия R_3B от других МОС III группы в реакциях с ОП, содержащими активный атом водорода. Образование продуктов радикальных и гетеролитических превращений в реакциях R_3M ($M = B, Al, Ga, In, Tl$) с ГПТБ, Et_3Tl с RCO_3H, R_3Al и R_3Tl с ПТБ, R_3Al с ПБ и $PhCO_3Bu-t$.</p> <p>Низкотемпературные иницирующие системы полимеризации на основе R_3M ($M = B, Al$) и элементарных пероксидов.</p> <p>МОС IV группы.</p> <p>Автоокисление R_2M ($M = Sn, Pb$). Редокс-реакции диалкилолова с пероксидом водорода, ПТБ и ПБ. Условия и механизм автоокисления Et_4Pb, радикальные реакции R_4M с ПТБ, ПБ и $PhCO_3Bu-t$.</p> <p>МОС V группы. Отношение к кислороду R_5M ($M = P, As, Sb, Bi$). Гомолитические и гетеролитические реакции R_5M с ГПТБ, пентафенилфосфора с кремний- и германийсодержащими гидропероксидами. Механизм радикального автоокисления Alk_3M ($M = P, As, Sb$). Особенности окисления R_3Bi. Механизм реакции R_3M ($M = P, As, Sb, Bi$) с $ROOH$. Влияние строения гидропероксида, строения МОС, катализаторов на скорость окисления.</p> <p>Одностадийный окислительный синтез производных $Sb(V)$, $Bi(V)$ с использованием пероксида водорода и ГПТБ.</p> <p>Гетеролитическое взаимодействие R_3M с перкислотами, ПБ, <i>трет</i>-бутилпероацетатом и металлоорганическими</p> | | |
|--|--|--|--|--|

| | | | | |
|---|---|--|--|---------------------------|
| | | пероксидами. Редокс-реакции диалкилсульфидов и диарилсульфидов с ГПТБ и H_2O_2 (некатализируемое, катализируемое кислотами и солями переходных металлов), перкислотами, гидротриоксидами, ПБ. | | |
| 6 | Общие закономерности синтеза различных металлоорганических пероксидов, их гомолитические и гетеролитические превращения. | Общие закономерности синтеза различных металлоорганических пероксидов, их гомолитические и гетеролитические превращения | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Индивидуальные задания |
| 7 | Органические полиоксиды, методы синтеза, строение и их реакционная способность. | Диоксираны. Непероксидные и пероксидные методы получения. Окисление С-Н связей в насыщенных углеводородах, простых эфирах, реакции эпоксицирования ненасыщенных углеводородов и окисление соединений, содержащих гетероатомы (сера, азот, фосфор). Радикальный и молекулярный механизмы. Карбонилпероксиды. «Безозоновый» метод генерации. Механизм взаимодействия R_2CO_2 с олефинами. Алкилгидротриоксиды. Механизмы разложения алкил- и элементсодержащих гидротриоксидов. Электрофильное окисление ненасыщенных и гетероорганических соединений. Диалкилтриоксиды. Получение. Свойства и пути разложения. Циклический озонид трифеноксифосфина. Тетраоксиды. | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Индивидуальные задания |

** 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.

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, как контроля самостоятельной работы.

Итоговый контроль по данному курсу проводится в виде зачета на знание материала по контрольным вопросам. Зачет проставляется автоматически, если аспирант набрал по текущей индивидуальной работе не менее 100 баллов при условии выполнения всех запланированных программой работ.

Типовые вопросы для зачета:

Тема 1.

1. В чем заключается электрохимический метод получения пероксида водорода?
2. В чем заключаются окислительные методы получения пероксида водорода?
3. Определите тип пероксида и приведите названия по радикально-функциональной и заместительной номенклатурам: $\text{Me}_2\text{C}(\text{OH})\text{OOH}$, $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{OC}(\text{O})\text{OOC}(\text{O})\text{C}_{16}\text{H}_{33}$, $(\text{PhCH}_2)_3\text{Sb}(\text{OOBu-}t)_2$, $\text{Et}_3\text{GeOOBu-}t$, $(\text{PhCH}_2)_3\text{COOC}(\text{CH}_2\text{Ph})_3$, $\text{MeC}(\text{O})\text{OOC}(\text{O})\text{Me}$, $\text{Ph}_3\text{SnOOSnPh}_3$, $\text{PhHgOOC}(\text{O})\text{Ph}$, $\text{cyclo-C}_6\text{H}_{11}\text{OC}(\text{O})\text{OOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_{11}\text{-cyclo}$, $\text{PhCH}_2\text{OOC}(\text{O})\text{OOCH}_2\text{Ph}$, $\text{PhCMe}_2\text{OOCMe}_2\text{Ph}$, $\text{EtC}(\text{O})\text{OOBu-}t$.

Тема 2

1. Получить соответствующий гидропероксид окислением толуола в присутствии Cu .
2. Провести окисление трифенилметана в водно-щелочной эмульсии.
3. Написать стадии окисления изобутана в присутствии HBr .
4. Используя соответствующий сульфонат, получить пропилгидропероксид.
5. Предложить способ получения метилдифенилгидропероксида из спирта.
6. Предложить метод синтеза ацетилбензоилпероксида.
7. Получить перацетилфенилкарбонат, *трет*-бутилпервалериат.
8. Объяснить причину возможного взрыва при перегонке диэтилового эфира.
9. Написать продукты, получающиеся при присоединении пероксида водорода к циклогексанону.

Тема 3

1. Провести распад *трет*-бутилгидропероксида в чистом виде, газовой фазе и в растворителях.
2. Представить схему распада этилпероксида без растворителя и в протонном растворителе.
3. Предложить схему распада пербензойной и перуксусной кислот в кумоле.
4. Представить схему распада ацетилбензоилпероксида в циклогексане, стироле, толуоле. На выход каких продуктов не окажет влияние присутствие ингибитора.
5. Представить схему разложения перацетилциклогексилкарбоната в изопропиловом спирте.
6. Каково отношение к действию щелочей алкилпероксидов с первичным, вторичным и третичным радикалом.

Тема 4

1. Сформулировать общие закономерности окисления ЭОС кислородом.
2. Что можно сказать о начальной стадии при окислении В- и Al-органических соединений.
3. Представить схему окисления кислородом гексаэтилдиэтанана, тетраэтил-плюмбана.
4. Написать продукты, получающиеся в реакции три-бутилбора с *трет*-бутил-гидропероксидом.
5. Предложить схему синтеза трифенилгермилгидропероксида, трифенилгермил-триэтилсилилпероксида.
6. Можно ли ЭОПС элементов 1-2 групп хранить на воздухе?
7. Представить схему распада триалкилпероксибора, *трет*-бутилперокситетра-фенилсурьмы.
8. Каковы пути разложения *трет*-бутилперокситриэтилэтанана?
9. Каково поведение элементоксильных радикалов для элементов IV группы?

Тема 5

1. Написать продукты, получающиеся при взаимодействии этиллития с пероксидом диметилфенила.
2. Представить схему взаимодействия триэтилэтаннелития с *трет*-бутилпер-бензоатом.
3. Представить схему реакции диэтилкадмия с пероксидом бензоила.
4. Промежуточные стадии в реакции триэтилалюминия с *трет*-бутилпероксидом.
5. Реакции пероксидных соединений с МОС элементов IV группы. Принципиальное отличие от предыдущих реакций.
6. Применение трифенилсурьмы в органическом синтезе.

Тема 6.

1. Написать продукты, получающиеся при взаимодействии этиллития с пероксидом диметилфенила.
2. Представить схему взаимодействия триэтилэтаннелития с *трет*-бутилпер-бензоатом.

Тема 7.

1. Предложить возможные механизмы взаимодействия диметилдиоксирана с кумолом.
2. Написать продукты, получающиеся в реакции дифенилкарбонилоксида с α , β -диметилэтиленом.
3. Предложить схему термического распада кумилгидротриоксида. На примере реакций с сульфидами показать окислительные возможности данного класса соединений.
4. Получить ди-(*трет*-бутил)триоксид всеми возможными способами.

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

| | |
|-----------|---|
| Зачтено | Аспирант ответил на не менее 60% вопросов по основным разделам курса |
| Незачтено | Аспирант при ответах на вопросы проявил незнание важнейших разделов дисциплин (более 40%) |

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

| Задания по разделам | Формируемая компетенция |
|---------------------|-------------------------|
| | ПК-2 |

| | |
|--|---|
| Предмет курса. Классификация и номенклатура органических и элементоорганических пероксидов | + |
| Введение О-О группы в органическую молекулу | + |
| Структура органических пероксидов | + |
| Распад органических пероксидов. Классификация процессов распада. | + |
| Реакции металлоорганических соединений с кислородом и пероксидами. | + |
| Общие закономерности синтеза различных металлоорганических пероксидов, их гомолитические и гетеролитические превращения. | + |
| Органические полиоксиды, методы синтеза, строение и их реакционная способность. | + |

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

а) основная литература:

1. Систематическая номенклатура органических соединений [Электронный ресурс] / Д. Хельвинкель ; пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014. -232 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313303.html>
2. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - М. : БИНОМ, 2012. - 750 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996308071.html>
3. Продукты органического синтеза и их применение [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Ю. А. Москвичев, В. Ш. Фельдблюм . - СПб : Проспект Науки, 2009. - 376 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/PN0057.html>

б) дополнительная литература:

1. Основы органической стереохимии [Электронный ресурс] / Э. Илиел, С. Вайлен, М. Дойл ; пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014. -706 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323081.html>
2. Органическая химия: термины и основные реакции [Электронный ресурс] / Боровлев И. В. - М. : БИНОМ, 2015. - 362 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329366.html>
3. Практикум по органической химии [Электронный ресурс] / Теренин В.И. - М. : БИНОМ, 2012. - 568 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996311019.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.sciencedirect.com>
<http://www.springerlink.com>
<http://pubs.acs.org/>
[http:// elibrary.ru](http://elibrary.ru)

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 _____ Гуцин 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
ПК-2**

| Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|---|---|--|--|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЗНАТЬ: современное состояние науки в области органической химии и в смежных областях | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области органической химии | Неполные представления о современном состоянии науки в области органической химии | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в органической химии | Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области органической химии |
| ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях | Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях | Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях |
| УМЕТЬ: представлять научные результаты по теме диссертационной работы в | Отсутствие умений | Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в | В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к | Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в |

| | | | | | |
|---|--------------------|--|--|---|---|
| виде публикаций в рецензируемых научных изданиях | | рецензируемых научных изданиях | в рецензируемых научных изданиях | публикации в рецензируемых научных изданиях | рецензируемых научных изданиях |
| УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу | Отсутствие умений | Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов | В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу | Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу | Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности |
| ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности) | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных | В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР | Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР |

