

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«30» мая 2017 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Химия в интересах устойчивого развития

Уровень высшего образования:

Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки (специальность):

04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) ОПОП:

Экология (по отраслям)

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №2 от 14.03.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» на основе Образовательного стандарта, самостоятельно установленного МГУ имени М.В.Ломоносова (далее – ОС МГУ), утвержденного Приказом № 552 от 23.06.2014 г. по МГУ с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ от 31.08.2015 г..

Год (годы) приема на обучение 2017/2018, 2018/2019, 2019/ 2020

1. Наименование дисциплины (модуля): **Химия в интересах устойчивого развития**

Краткая аннотация: Дисциплина направлена на изучение аспирантами основных подходов к разработке химических реакций и процессов с учетом требований химии в интересах устойчивого развития, или «зеленой» химии, ознакомление с современными научными принципами, экспериментальными лабораторными и технологическими подходами к проведению химических процессов, обеспечивающими снижение или устранение отрицательного воздействия на окружающую среду. Специальный курс обеспечивает связь между блоками знаний, полученных при освоении базовых курсов химии, а также новые знания о принципах, методологии и достижениях зеленой химии. Курс включает разделы, связанные с основными экологическими воздействиями химических продуктов, анализом жизненного цикла химического продукта и процесса, способами оценки экологического влияния продукта и процесса, способами получения энергии и химических продуктов из возобновляемого сырья, оценкой степени экологической опасности растворителей разного типа и возможностями снижения использования растворителей, с катализом как фундаментальной основой «зеленых» химических реакций и процессов. Курс заканчивается подготовкой небольшой презентации о том, как принципы химии в интересах устойчивого развития находят (или не находят) применение в научной/диссертационной работе аспиранта.

2. Уровень высшего образования – аспирантура.

3. Направление подготовки: **04.06.01 Химические науки**. Направленность (профиль) **Экология (по отраслям)**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок «Дисциплины (модули)»

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-1 способностью исследовать влияния абиотических факторов на живые организмы в природных и лабораторных условиях с целью установления пределов толерантности и оценки устойчивости организмов к внешним воздействиям	Знать: основные принципы конструирования и аппаратного оформления химических реакций и процессов, соответствующие принципам зеленой химии Знать: Возможности, способы и результаты применения катализа при разработке фундаментальных основ получения химических продуктов Знать: основные типы перспективных синтетических реакций, позволяющие с высокой атомной эффективностью получать базовые химические продукты Уметь: руководствоваться принципами "зелёной химии" при выполнении профессиональных обязанностей: разработке и осуществлении химических экспериментов, разработке новых синтетических методов и новых химических процессов Уметь: предложить улучшения в принципах и условиях проведения реакции и процесса, снижающие экологическую нагрузку.

	<p>Владеть: Представлениями о философском аспекте зеленой химии и взаимосвязи устойчивого развития с социумом, экологией и экономикой</p> <p>Владеть: Навыками безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способен проводить оценку возможных рисков для человека и окружающей среды и предлагать способы утилизации или замены опасных продуктов</p>
<p>СПК-2 способностью оценивать и прогнозировать результаты взаимодействия сообществ с абиотической средой обитания и закономерности превращений вещества и энергии в процессах биотического круговорота</p>	<p>Знать: происхождение и значение понятий «химия в интересах устойчивого развития» и «зеленая» химия и принципов зеленой химии, методы и принципы проведения «зеленых» процессов</p> <p>Знать: Различные модели проведения анализа жизненного цикла и возможные экологические нагрузки химических реакций и вспомогательных операций более экологичными</p> <p>Знать: принципы и способы применения возобновляемого сырья для получения химических продуктов</p> <p>Знать: стратегии и основные приемы превращения биомассы (преимущественно растительной) в энергию и химические продукты</p> <p>Уметь: проводить базовый анализ жизненного цикла продукта и процесса в различных граничных условиях</p> <p>Уметь: анализировать глобальное экологическое воздействие основных промышленно-важных реакций с применением основных законов химии.</p> <p>Уметь: Оценивать эффективность выбранных реакционных условий и экологическое воздействие реакции и процесса на окружающую среду, включая параметры E-фактор и атомная эффективность, а также затраты энергии на всех стадиях жизненного цикла, и предлагать способы модификации на принципах зеленой химии</p> <p>Владеть: навыками использования существующих баз данных о свойствах химических соединений, экологических нагрузках, токсичности и ПДК при анализе жизненного цикла продукта и разработке новых химических реакций на принципах зеленой химии</p> <p>Владеть: навыками сбора и анализа информации для проведения анализа жизненного цикла и дизайна реакций на принципах зеленой химии</p> <p>Владеть: практическими навыками анализа возможных техногенных воздействий на окружающую среду для промышленно-важных каталитических реакций</p>

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 50 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 8 часов групповые консультации, 6 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 58 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

- **ЗНАТЬ:** основы теории фундаментальных разделов химии; основные понятия органической, неорганической, физической и аналитической химии. Место и роль каталитических реакций в химической науке; понимать необходимость развития и разработки промышленно-важных химических реакций способами, минимально воздействующими на окружающую среду
- **УМЕТЬ:** систематизировать и обобщать химические проблемы и понятия, теоретический материал; применять ранее усвоенный материал для решения новых задач
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации, выделения областей применимости законов и принципов, излагаемых в основных разделах химии

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1.	40	18		2			20	10	10	20

Тема 2.	14	6		2			8	6		6
Тема 3.	14	6		2			8	6		6
Тема 4.	24	6		2			8	6	10	16
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	16					6	6			10
Итого	108	36	0	8	0	6	50	28	20	58

Содержание тем:

Тема 1 Введение в химию в интересах устойчивого развития. Анализ жизненного цикла

Основные количественные определения в зеленой химии. 12 принципов зеленой химии. Примеры осуществления процессов на принципах зеленой химии. Зеленая химия в синтезе продуктов. Дизайн зеленых процессов Типы реакций, обладающие высокой и низкой атомной эффективностью. Внедрение каталитических процессов в органическую химию и производство лекарств. Реакции Хека, Сузуки, Негиши и другие способы введения алкильных и других замещающих групп с высокой атомной эффективностью. Примеры реализованных химических процессов на принципах зеленой химии. Основные особенности конструирования промышленных процессов на принципах зеленой химии. Типичный

Тема 2. Катализ в зеленой химии. Количественные оценки аналогичных каталитических и некаталитических реакций и процессов. Каталитические процессы в нефтехимии и в органической химии. Асимметрический катализ. Каталитический метатезис. Каталитические реакции алкилирования. Другие примеры каталитических процессов, обеспечивающих снижение E-фактора и увеличение атомной эффективности. Синтез каптолактама

Тема 3. Химические процессы с использованием зеленых растворителей.

Типы зеленых растворителей. Вода. Сверхкритические флюиды Примеры реакций экологического катализа с участием сверхкритических флюидов. Ионные жидкости: строение, свойства, достоинства и недостатки. Примеры лабораторных и промышленных процессов с участием ионных жидкостей. Реакции без растворителей.

Тема 4. Биомасса как источник химических продуктов Сравнительный анализ состава ископаемых топлив и биомассы. Состав растительной биомассы. Способы получения химических продуктов из биомассы. Три стратегии переработки биомассы в химические продукты. Синтезы на основе синтез-газа. Молекулы-платформы. Синтезы на их основе. Анализ сходства и различий в методах получения химических продуктов из ископаемого сырья и из биомассы. Основные источники биомассы.

9. Образовательные технологии:

- Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций.
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных

школ МГУ.

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. Презентации к лекционным занятиям.

11. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Green Chemistry, Theory and Practice, P. Anastas, J.C. Warner, Eds.; Oxford University Press: Oxford, 1998.
2. 1-st International IUPAC conference on green-sustainable chemistry. Proceedings. 2006, 450 с.
3. Зеленая химия в России. Сб. статей. Под ред. В.В.Лунина, П.Тундо, Е.С.Локтевой. М.: Изд.Моск.ун-та, 2004, 230 с.
4. Белецкая И.П., Кустов Л.М. Катализ — важнейший инструмент "зеленой химии", Успехи химии, 2010, Т. 79, № 6, С. 493-515.
5. Кустов Л.М., Белецкая И.П. Green Chemistry – новое мышление. Российский Химический Журнал.- 2004, т. 48, №6, с. 3-12

Дополнительная литература

1. Журнал «Химия в интересах устойчивого развития», издательство СО РАН
2. Кустов Л.М., Белецкая И.П. КАТАЛИЗ И «ЗЕЛЕНАЯ» ХИМИЯ Катализ в промышленности, 2006. №3. с. 3-11.

Интернет-ресурсы:

www.greenchemistry.ru (Сайт НОЦ «Химия в интересах устойчивого развития – зеленая химия», язык – русский)

6. <http://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry> (сайт Американского химического общества, раздел зеленой химии, язык - английский)
7. <http://www.oc-praktikum.de/nop/ru-entry> (интернет-практикум по органической химии с элементами зеленой химии, язык – русский)

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели:

1. д.х.н., в.н.с. **Локтева Екатерина Сергеевна**, кафедра физической химии химического факультета МГУ, e.lokteva@rambler.ru, 8-495-939-33-37
2. к.х.н., доцент **Голубина Елена Владимировна**, golubina@kge.msu.ru, +7 (495) 939-3337

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение ЗУВ, перечисленных в п.5.

Вопросы для зачета

1. Рассчитайте атомную эффективность и E-фактор предлагаемой реакции.
2. Реакция метатезиса: принцип, возможности, катализаторы.
3. Какие стадии жизненного цикла продукта включены в анализ в варианте «от колыбели до могилы»? Назовите не менее четырех возможных экологических воздействий, которые может оказывать продукт.
4. Перечислите промышленные процессы с использованием сверхкритического диоксида углерода
5. Дайте определения следующим понятиям: Атомная эффективность, E-фактор, Ионная жидкость, вторичная биомасса, сверхкритический флюид.
6. Какими особенностями должен обладать синтез или процесс, построенный на принципах «зеленой» химии
7. Перечислите типы реакций, которые в принципе не могут обеспечить 100%-ную атомную эффективность, и такие, которые способны обеспечить 100%-ную атомную эффективность
8. Какими особенностями должен обладать синтез или процесс, построенный на принципах «зеленой» химии
9. Перечислите типы реакций, которые в принципе не могут обеспечить 100%-ную атомную эффективность, и такие, которые способны обеспечить 100%-ную атомную эффективность
10. Назовите пути промышленного получения пропилена. Какие из них наиболее «зеленые», по вашему мнению?
11. Сравните два способа получения оксида этилена, для этого определите атомную эффективность и E-фактор реакций
12. Охарактеризуйте способы получения нейлона. Проведите их анализ с точки зрения зеленой химии.
13. Какие стадии жизненного цикла продукта включены в анализ в варианте «от колыбели до ворот»? Назовите не менее четырех возможных экологических воздействий, которые может оказывать продукт.
14. Покажите на фазовой диаграмме область существования сверхкритических растворителей. Перечислите преимущества и недостатки сверхкритических растворителей.
15. Назовите типы биомассы. Укажите и охарактеризуйте основные составляющие древесной биомассы. В чем принципиальное химическое отличие процессов получения химических веществ на основе биомассы от нефтехимических процессов?
16. Какие загрязнители содержатся в выхлопных газах автомобиля? Напишите реакции, которые протекают в каталитическом конвертере, очищающем выхлопные газы. Какой состав имеет катализатор, присутствующий в конвертере?
17. Сравните способы синтеза малеинового ангидрида из бензола или бутана с точки зрения зеленой химии.
18. Перечислите в двух колонках типы реакций, которые по своей природе обладают высокой атомной эффективностью, и те, которые атомной эффективностью не обладают

19. Назовите промышленные процессы с использованием сверхкритической и субкритической воды. Укажите достоинства и недостатки сверхкритических флюидов в качестве растворителей
20. Что такое ионные жидкости, их преимущества и недостатки в качестве растворителей
21. Перечислите известные вам типы биомассы. Перечислите известные вам молекулы-платформы. Напишите реакцию получения биодизеля из растительного масла. Какая молекула-платформа при этом образуется?
22. Ферментативные способы утилизации загрязнений.
23. Критическая точка на фазовой диаграмме. Характеристика суб- и сверхкритического состояния. Особенности веществ в сверхкритическом состоянии.
24. Назовите основные преимущества растворителей в сверхкритическом состоянии. Расскажите о промышленном применении сверхкритических растворителей.
25. Сверхкритический диоксид углерода. Использование в качестве реакционной среды и экстрагента. Достоинства и недостатки.
26. Биоразлагаемые полимеры. Утилизация отходов пластмасс.
27. Какие существуют подходы к использованию возобновляемых источников сырья.
28. Запасы биомассы. Доступность возобновляемых ресурсов.
29. Первичная и вторичная биомасса. Биотоплива первого и второго поколения.
30. Промышленные процессы получения биотоплива.
31. Основные молекулы-платформы. Принципы конструирования химических синтезов на их основе.
32. Биоэтанол. Получение, использование для пищевых и непищевых целей.
33. Приведите примеры химических продуктов на основе крахмала, целлюлозы, сахаров
34. Приведите примеры цельных зеленых технологий.
35. Не эффективные атомно реакции: элиминирование, замещение. Способы проведения с целью повышения атомной эффективности.
36. Именные реакции кросс-сочетания.
37. Инженерные способы решения проблем зеленой химии. Биотехнологии в конструировании химических продуктов.
38. Конструктивные приемы экономии энергии. Способы подачи энергии в реакцию
39. Децентрализация производства как способ решения проблем устойчивого развития.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится в форме доклада (презентации) с последующим обсуждением. Презентация должна быть основана на собственной работе, в ней проводится оценка ее качества с точки зрения химии в интересах устойчивого развития.

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач