

Экологический катализ

Учебный курс для магистрантов и аспирантов Научно-образовательного центра
«Экологический катализ» (НОЦ ЭК)

ПРОГРАММА

Аннотация

Учебный курс «Экологический катализ» направлен на формирование у учащихся представлений о применении каталитических методов в экологии, роли катализа в современной химической промышленности и живой природе, а также о важнейших разработках в области экологического катализа.

В начале курса излагаются основные сведения о феноменологии и истории становления и развития катализа и экологии; даются наиболее общие положения катализа, адсорбции и механизма протекания реакции; рассматривается применение катализаторов в настоящей практике.

Основное содержание дисциплины охватывает вопросы как очистки окружающей среды от продуктов промышленных выбросов, так и новые подходы в создании материалов на основе экологически безопасных процессов, на основе гомогенного и гетерогенного катализа в газовой и жидкой фазе. Вторая часть учебного курса посвящена рассмотрению наиболее важных процессов из области фотокатализа, включая принцип действия полупроводниковых фотокатализаторов, методы и области применения, как в методах очистки, так и в новых подходах синтеза полезных продуктов. Рассмотрена роль катализа в защите окружающей среды.

Преподавание данной дисциплины включает следующие формы организации учебного процесса: лекции, написание и защита реферата, самостоятельную работу студента и итоговый контроль (экзамен). Программа дисциплины рассчитана на 2 зачетные единицы (72 академических часа).

1. Цели и задачи курса

Цель курса: ознакомить слушателей с современным состоянием учения об экологическом катализе, механизмами функционирования катализаторов в основных промышленных методах очистки и сохранения природных ресурсов; сформировать комплекс фундаментальных представлений, составляющих основу экологического катализа.

Задачи курса:

- обучить учащихся магистратуры теоретическим основам экологического катализа;
- сформировать понимание сущности каталитического действия в процессах направленных на сохранение экологии;
- дать представление о классификации каталитических процессов, катализаторов и основных методах их применения;
- дать представление о роли катализа в защите окружающей среды и разработке новых подходов в увеличении экологической безопасности в промышленности;
- закрепить необходимый понятийный аппарат важнейших разделов экологического катализа.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Экологический катализ» входит в магистерскую программу высшего профессионального образования (МП ВПО) «Энергоэффективный катализ» (020100.68.20), составляющую основу образовательной программы высшего профессионального образования НГУ (ООП НГУ) по направлению подготовки 020100 «химия» (магистр химии). Учебный курс «Экологический катализ» предназначен для лиц, имеющих диплом бакалавра (специалиста) по одному из естественнонаучных направлений, и принятых в магистратуру ФЕН НГУ на конкурсной основе.

Экологический катализ – поиск безопасных с точки зрения химии и экологии способов деятельности общества во всех аспектах – начиная от процессов производства и способов использования энергоресурсов и до способов выполнения нашей ежедневной домашней работы. Около 90% химической продукции химической в современном мире производится с использованием катализаторов. Магистранты химических факультетов должны глубоко понимать сущность явления катализа, его теоретические основы, механизмы базовых каталитических реакций, основные промышленные каталитические процессы и актуальные проблемы катализа. Для дальнейшей разработки новых, экологичных материалов, продуктов, процессов и систем в целом.

Дисциплина «Экологический катализ» адресована магистрам 2 курса. Изучению курса предшествует ООП бакалавриата. Курс опирается на базовые знания и представления, полученные в результате изучения таких дисциплин как «Физическая химия», «Химическая кинетика», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Координационная химия», «Химическая термодинамика» и «Строение вещества».

3. Компетенции, формируемые в результате освоения курса

По окончании изучения курса «Экологический катализ» обучающиеся должны обладать следующими компетенциями:

1) профессиональными компетенциями (ПК):

- наличием представления об актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии (синтез и применение веществ в наноструктурных технологиях, исследования в критических условиях, химия жизненных процессов, химия и экология и другие) (ПК-1);
- знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков (ПК-2);
- умением представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати) (ПК-7).

2) общекультурными компетенциями (ОК):

- способностью ориентироваться в условиях производственной деятельности и адаптироваться в новых условиях (ОК-1);

- умением принимать нестандартные решения (ОК-2);
- пониманием философских концепций естествознания, роли естественных наук (химии в том числе) в выработке научного мировоззрения (ОК-4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: теоретические основы применения каталитических реакций в широком интервале условий, работы с растворителями в сверхкритических условиях, проведения химических реакций нетрадиционными способами, при высокоэнергетических воздействиях, в условиях механохимической и СВЧ-активации;

уметь: описывать механизмы каталитических реакций, с применением в области экологии и катализа;

- применять и использовать полученные знания в профессиональной деятельности.

владеть: понятийным аппаратом и теоретическими представлениями экологического катализа;

- навыками работы с учебной, учебно-методической и научной литературой.

4. Виды учебной работы и образовательные технологии, используемые при их реализации

Учебный процесс по курсу «Экологический катализ» включает в себя аудиторные занятия (лекции), написание курсовой работы (реферата) на предложенную тему, защиту курсовой работы и самостоятельную подготовку. Самостоятельная работа по дисциплине включает в себя работу с лекционным материалом, работу с учебной и научной литературой, написание реферата, подготовку презентации и доклада к защите реферата, подготовку к экзамену.

Для успешной реализации образовательного процесса по дисциплине «Экологический катализ» и повышения его эффективности используются как традиционные педагогические технологии, так и методы активного обучения: лекция-беседа и проблемно ориентированная лекция, дискуссия. Удельный вес занятий, проводимых с использованием активных и интерактивных методов обучения, в целом по дисциплине составляет 20 % аудиторных занятий.

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура курса

Курс «Экологический катализ» состоит из следующих основных разделов:

- Раздел 1. Основы экологического катализа
- Раздел 2. Методы очистки от промышленных и бытовых выбросов
- Раздел 3. Новые экологические методы создания материалов
- Раздел 4. АОТs – передовые окислительные технологии
- Раздел 5. Фотокатализ в газовой фазе
- Раздел 6. Фотокатализ в жидкой фазе

Общая трудоемкость курса составляет 2 зачетных единицы или 72 часа (из них 32 – аудиторные, остальные 40 часов включают самостоятельную работу, написание реферата, защиту реферата и экзамен). Программой дисциплины предусмотрены лекционные

занятия (28 часов), семинары (4 часа), подготовка и защита реферата (14 часов), самостоятельная работа студентов (32 часа) и экзамен (8 часов).

Структура курса представлена ниже в Таблице.

№	Тема, раздел	Всего часов	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа студентов
			лекции	семин.	лаб.	
1	Основы экологического катализа	4	4	-	-	2
2	Методы очистки от промышленных и бытовых выбросов	4	4	-	-	2
3	Новые экологические методы создания материалов	6	6	-	-	4
4	АОТs – передовые окислительные технологии	2	2			2
5	Фотокатализ в газовой фазе	6	6	-	-	4
6	Фотокатализ в жидкой фазе	6	6	-	-	4
7	Написание и защита реферата	4	-	4	-	14
	Всего:	64	28	4	-	32
	Экзамен	8				
	ИТОГО по курсу	72				

5.2. Программа лекционного курса

Раздел 1. Основы экологического катализа

Предмет курса. Основные понятия. Концепция устойчивого развития. Концепция химии в интересах устойчивого развития. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) Ключевая роль химии в осуществлении устойчивого развития. Экологическая химия.

Экологически чистые технологии. Возникновение понятия зеленой химии. 12 принципов «зеленой» химии. Ресурсо- и энергосбережение как предшественники идей «зеленой» химии. Новые подходы к использованию природных ресурсов. Критерии «зеленого» процесса. Роль катализа в процессах «зеленой» химии.

Оценка химических реакций и процессов с точки зрения «зеленой» химии. Количественные оценки в «зеленой» химии. Е-фактор, атомная эффективность и альтернативные параметры. Критерии выбора экологически безопасных исходных

веществ, оценка экологической опасности промежуточных, побочных и целевых продуктов.

Раздел 2. Методы очистки от промышленных и бытовых выбросов

Антропогенное воздействие на природу в целом и различные составляющие биосферы. Экологические проблемы: разрушение озонового слоя, загрязнение воды и воздуха, загрязнение поверхности земли, а так же истощение ископаемых ресурсов. Основные виды загрязнителей. Пути снижения загрязнений. Типы отходов (промышленные, бытовые, медицинские). Отличия промышленных и бытовых отходов. Утилизация отходов. Загрязнение воздуха диоксидами азота и серы. Методы очистки. Окислительные и восстановительные технологии очистки.

Раздел 3. Новые экологические методы создания материалов

Новые каталитические процессы получения полезных продуктов. Селективные процессы. Ферментативный катализ для производства основных химических продуктов. Ферментативные способы утилизации отходов. Альтернативные растворители. Принципы выбора экологических растворителей. Вода и сверхкритические растворители. Экспериментальные особенности осуществления процессов в суб- и сверхкритических средах. Ионные жидкости. Реакции без участия растворителей. Микрореактора. Микроволновые технологии. Механохимическая активация. Фотохимия.

Использование возобновляемых источников сырья. Полезные растения и бактерии. Процессы переработки биосырья в полезные продукты. Биоразлагаемые полимеры. Характеристики основных биоразлагаемых полимеров (крахмал, целлюлоза, РНА, PLA, ААС, PLC, mPET и др.). Классификация. Методы синтеза. Биоразлагаемые пластики.

Примеры применения технологий на производстве в России и за рубежом.

Раздел 4. АОТs – передовые окислительные технологии

Определение передовых окислительных процессов (advanced oxidation processes, AOPs). Жидкофазное окисление кислородом воздуха, каталитическое (catalytic wet air oxidation, CWAO) и некаталитическое (wet air oxidation, WAO). Каталитическое сжигание. Применение каталитических технологий обезвреживания сточных вод в зависимости от концентрации и объема стоков. Катализаторы и технологии каталитических процессов очистки воды. Применение передовых окислительных технологий в РФ.

Раздел 5. Фотокатализ в газовой фазе

Определение полупроводников, основные виды полупроводников. Зонная теория строения твердого тела. Механизм окислительных и восстановительных фотокаталитических процессов. Диоксид титана – самый распространенный фотокатализатор. Полиморфные модификации диоксида титана (анатаз, рутил, брукит). Методы синтеза наноразмерного диоксида титана.

Фотокатализ для очистки воздуха. Аэрозольная очистка воздуха в атмосфере. Создание систем для комплексной фотокаталитической очистки воздуха от органических

и неорганических загрязнений с одновременной инаktivацией болезнетворных микроорганизмов.

Раздел 6. Фотокатализ в жидкой фазе

Особенности фотокаталитических процессов в жидкой фазе. Типы процессов: фотокаталитическое разложение воды, парциальное окисление для тонкого органического синтеза.

Фотокаталитическое разложение воды для выделения водорода и получения электрического тока. Фотокатализаторы разложения воды, особенности синтеза фотокатализаторов, чувствительных к излучению видимого диапазона. Особенности создания фотокаталитических мембран и фотоэлектродов.

Парциальное фотокаталитическое окисление органических веществ в водных растворах и в органических растворителях. Особенности фотокаталитического синтеза органических веществ из углекислого газа.

6. Система контроля и оценки знаний обучающегося

Проверка выполненных рефератов, защита рефератов в форме презентации, экзамен в устной форме.

7. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Химия в интересах устойчивого развития.
2. Роль катализа в процессах «зеленой» химии.
3. Оценка экологической безопасности производства материалов.
4. Каталитические методы очистки воздуха от загрязнителей.
5. Сравнение каталитических и некаталитических методов очистки воздуха.
6. Каталитические методы очистки воды от загрязнителей.
7. Методы очистки сточных вод: механические, биологические и химические.
8. Загрязнение почвы пестицидами, каталитические методы очистки.
9. Методы снижения и очистки выбросов NO_x .
10. Конверсия CO_2 в углеводороды, основные каталитические процессы гидрирования CO_2 .
11. Ферментативный катализ для производства химических продуктов и лекарств.
12. Экологические растворители в катализе на примере реакций ТОС.
13. Особенности процессов в сверхкритических условиях, примеры производственной практики.
14. Примеры применения ионных жидкостей в каталитических процессах.
15. Особенности микрореакторных технологий с точки зрения экологического катализа.
16. Каталитические методы переработки возобновляемого сырья.
17. Биodeградируемые полимеры: структура и свойства.
18. Методические рекомендации по синтезу полимеров и сополимеров на основе молочной кислоты в сверхкритических условиях.
19. Микроволновые и механохимические методы в экологическом катализе.

20. Передовые окислительные технологии для очистки воды.
21. Методы очистки сточных вод, применяемые в РФ.
22. Научные основы фотокатализа на полупроводниках.
23. Особенности протекания фотокаталитических процессов в газовой и жидкой фазах.
24. Биомиметические процессы: фотокаталитическое разложение воды и восстановление углекислого газа.
25. Научные основы водородной энергетики.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Боресков Г.К. Катализ. Ч.1, 2. Новосибирск, 1971.
2. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. Москва, Академкнига, 2004, С. 679.
3. Кожевников И.В. Катализ кислотами и основаниями. Н.: Изд-во НГУ, 1991.
4. Рогинский С.З. Гетерогенный катализ. Некоторые вопросы теории. М.: Наука, 1979. С. 416.
5. И.И. Иоффе, Б.А. Решетов, А.М. Добротворский. Гетерогенный катализ: физико-химические основы. Л: Химия, 1985 – 472с.
6. P.T. Anastas, J.C. Warner. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998.
7. Артемьев Ю.М., Рябчук В.К. Введение в гетерогенный фотокатализ: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1999. С. 304.

Дополнительная литература

1. Д.В. Сокольский, В.А. Друзь. Введение в теорию гетерогенного катализа. М: Высшая школа, 1981 – 915с.
2. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1974. С. 592.
3. В.В. Коробочкин, Е.А. Ханова. Технология катализаторов. Часть I. Методы приготовления катализаторов. Учебное пособие. – Томск, из-во ТПУ, 2008. - 50с.
4. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир, 1983.
5. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980.
6. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. С.303.
7. Мастерс К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983.
8. Денисов Е.Т. Кинетика гомогенных каталитических реакций. М.: Высш. шк., 1988.
9. Киперман С.Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе, М.: Химия, 1979.
10. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М. Мир. 1997.
11. Farrauto R.J., Bartholomew C.H. Fundamentals of Industrial Catalytic Processes, Blackie Acad.&Profes., 1997.
12. Handbook of Heterogeneous Catalysis, (G.Ertl, H.Knozinger, J.Weitkamp, Eds.), VCH Publ., 1997.

13. А.И. Крюков, А.Л. Стрюк, С.Я. Кучмий, В.Д. Походенко. Нанопотокатализ. К.: Академперіодика, 2013. С. 618.
14. Клячкин Ю.С. (ред.) Окислительный катализ в химической технологии и промышленной экологии: Сб. науч. трудов. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 120 с.
15. Медведев В.Т. (ред.) Инженерная экология. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
16. Меньшиков В.В., Швыряев А.А. Опасные химические процессы и техногенный риск: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2003.

Разработчики программы,

к.х.н.

к.х.н.

Е. А. Козлова

П. А. Колинъко