МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Химический институт им. А.М. Бутлерова

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Е.А. Турилова
17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Кинетика и механизм каталитических реакций

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия
Профиль подготовки: Инновационные материалы и методы их исследования
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

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

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

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

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

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

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

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

13. Приложение №1. Фонд оценочных средств

14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): ведущий инженер Егорова С.Р. (сектор аккумулирования водорода в жидком носителе, НИЛ Материалы для водородной энергетики и традиционной энергетики с низким углеродным следом), Svetlana.Egorova@kpfu.ru ; Черезова Елена Николаевна

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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ современной химии и смежных наук при решении профессиональных задач
ПК-3	Способен анализировать новую научную проблематику, применять методы и средства планирования, организации и проведения научных исследований в выбранной области химии и смежных наук

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- виды катализа и катализаторов;
- классификацию механизмов каталитических реакций;
- способы осуществления процессов каталитического синтеза;
- методы проведения стандартных испытаний по определению важнейших кинетических характеристик реакции

Должен уметь:

- грамотно оценивать кинетические закономерности процессов;
- использовать методы и средства теоретического и экспериментального исследования при проведении каталитических процессов нефтехимического и органического синтеза, получения полимеров.
- управлять каталитическими процессами путем выбора типа катализатора, условий синтеза

Должен владеть:

- анализа механизма каталитического процесса и составления на его основе кинетической модели;
- составление компьютерной программы в прикладных программных пакетах;
- вычисление основных кинетических параметров каталитического процесса;
- планирования и выполнения экспериментов по определению кинетических характеристик процесса

Должен демонстрировать способность и готовность:

определять оптимальный режим протекания и способов регулирования каталитического процесса на основе знаний кинетики и механизма каталитического процесса

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.08.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.04.01 "Химия (Инновационные материалы и методы их исследования)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 76 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение в дисциплину	3	2	0	0	0	0	0	11
2.	Тема 2. Гомогенно-каталитичекие реакции. Нуклеофильный катализ	3	4	0	4	0	0	0	17
3.	Тема 3. Ферментативный катализ	3	2	0	4	0	0	0	17
4.	Тема 4. Гетерогенно-каталитические реакции	3	4	0	4	0	0	0	17
5.	Тема 5. Экспериментальные методы изучения химической кинетики	3	4	0	4	0	0	0	14
	Итого		16	0	16	0	0	0	76

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в дисциплину

Предмет. Задачи. Значение для технологии. Основные разделы дисциплины. Исторические этапы развития теоретических представлений о катализе. Физические теории Либиха и Деберейнера.

Краткий исторический очерк. Основные этапы развития катализа. Феноменология катализа.

Роль катализа в современной химической промышленности и в живой природе. Общие

принципы катализа. Катализ и равновесие. Промежуточные соединения в катализе,

катализатор как астехиометрический реагент. Каталитический цикл. Новый реакционный путь, открываемый катализатором.

Тема 2. Гомогенно-каталитичекие реакции. Нуклеофильный катализ

Гомогенно-каталитичекие реакции. Нуклеофильный катализ и его механизм. Катализаторы. Факторы, определяющие эффективность нуклеофильного катализа. Реакции присоединения: по карбонильной группе, по кратной связи олефинов и ацетиле-нов с электоноакцепторным заместителем при кратной связи, к гетероциклическим соединениям с малыми циклами (спиртов, карбоновых кислот, фенолов, меркаптанов к α-оксидам).

Согласно принятой теории катализа, характерными чертами этого явле?ния можно считать:

1. Катализатор изменяет скорость реакции.

2. Катализатор не смещает положения равновесия в случае обратимой реакции.

3. Катализатор изменяет число и характер элементарных стадий, из которых складывается химический процесс.

4. Катализатор активно, обычно за счет сил химической приро?ды, участвует в той или иной элементарной стадии реакции.

5. Характер этого взаимодействия таков, что катализатор выхо?дит из него химически неизменным, благодаря чему многократно повторяет реакцию с новыми порциями веществ.

6. Смысл каталитического процесса заключается в образовании промежуточных неустойчивых соединений субстрата с катализатором.

Гомогенно-каталитическими обычно являются жидкофазные реакции, протекающие в присутствии гомогенных катализаторов. При этом реагенты и катализатор могут находиться полностью в растворе или же поступать в него из другой (газовой или жидкой) фазы.

Существуют три основных типа гомогенных катализаторов:

1) нуклеофильные; 2) кислотно-основные и электрофильные; 3) металлокомплексные.

Наиболее распространенными нуклеофильными катализаторами являются ионы галогенов (I-, Br-,F-) , оксианионы AlkO-, ArO-, HCO3-, CO32-, PO43-, HO-, амины R3N, R2NH, RNH2, C5H5N и имидазол, а также ряд других анионов ? NO2-, CN-, ClO-, HOO-[ ].

Кислотно-основный и электрофильный катализ, их механизм

Кислотный катализ. В органическом синтезе наиболее распространен катализ протонными кислотами ? H2SO4, HC1, H3P04, ArSO2OH, HCOOH и др., широко используемый в процессах гидратации и дегидратации, этерификации, алкилирования, конденсации карбонильных соединений и т.д. Известно, что протонные кислоты вступают с основаниями в кислотно-основное (протолитическое) равновесие, которое в зависимости от силы кислоты и свойств среды может включать промежуточные стадии образования комплексов без переноса заряда (за счет водородной связи), комплексов с переносом заряда (ионные пары), и, наконец, свободных ионов

Электрофильный катализ осуществляется кислотами Льюиса. К ним относятся нейтральные соединения и ионы, способные использовать свободную пару электронов основания (органического реагента) для образования стабильной электронной группировки одного из своих атомов (не только протона). К кислотам Льюиса принадлежат апротонные кислоты: соли некоторых металлов (ZnCl2, AlCl3, FeCl3, TiCl4, SnCl4, BF3), ионы металлов (Li+, Ag+, Hg2+), а также такие молекулы и ионы как SO3, P2O5, R+, +NO2 и т.д. Электрофильными катализаторами органических реакций являются ионы, соли и некоторые другие соединения перечисленных выше металлов. Взаимодействие кислоты Льюиса с основанием или с органическим реагентом, имеющим свободные либо лабильные пары электронов, состоит в образовании донорно-акцепторной связи за счет пары электронов основания, занимающей вакантную орбиталь одного из атомов кислоты Льюиса.

Основный катализ осуществляется основаниями, т. е. веществами со свободными или лабильными электронными парами. Основными катализаторами являются анионы (HO-, RO-, NH2-, и др.) и нейтральные молекулы [NH3, (CH3)3N, C5H5N и т. д.], причем в акте катализа могут принимать участие все формы оснований, присутствующие в смеси, в том числе ионы лиата S?, образующиеся при протолитической реакции с растворителем

Тема 3. Ферментативный катализ

Ферментативный катализ. Белки. Ферменты, коферменты. Особенности ферментативного катализа (микрогетерогенность, влияние pH среды, температурный интер-вал, высокая специфичность и стереоспецифичность).

Ферменты: общие сведения

Ферменты являются биокатализаторами, т.е. веществами биологического происхождения, ускоряющими химические реакции. Организованная последовательность процессов обмена веществ возможна при условии, что каждая клетка обеспечена собственным генетически заданным набором ферментов. Только при этом условии осуществляется согласованная последовательность реакции (метаболический путь). Ферменты принимают участие также в регуляции многих метаболических процессов, обеспечивая тем самым соответствие обмена веществ измененным условиям. Почти все ферменты являются белками. Известны также каталитически активные нуклеиновые кислоты ? ?рибозимы?.

Кинетика ферментативных реакций

Кинетика ферментативной реакции (т. е. зависимость скорости реакции от ее условий) определяется в первую очередь свойствами катализатора, вследствие чего она значительно сложнее, чем кинетика некаталитических реакций.

Модель Михаэлиса-Ментен

Определение V и Km

Ферментативная активность

Каталитическое действие фермента, т. е. его активность, определяют в стандартных условиях по увеличению скорости (фиолетовый цвет на схеме) каталитической реакции (оранжевый цвет) по сравнению с некаталитической (желтый цвет). Обычно скорость реакции указывают как изменение концентрации субстрата или продукта за единицу времени (моль/(л?с)) (см. с. 28). Так как каталитическая активность не зависит от объема раствора, в котором протекает реакция, активность фермента выражают в каталах; 1 кат ? это количество фермента, которое превращает 1 моль субстрата за 1 с. Другой единицей активности является международная единица (Е) ? количество фермента, превращающего 1 мкмоль субстрата в 1 мин (1 Е = 16,7 нкат).

Б. Реакционная и субстратная специфичность

Действие большинства ферментов высоко специфично. Понятие специфичности относится не только к типам каталитических реакций (реакционная специфичность), но и к природе соединений - субстратов (субстратная специфичность). В качестве примера на схеме приведены ферменты, расщепляющие химическую связь. Высокоспецифичные ферменты (тип А ? верхняя строка таблицы) катализируют расщепление только одного типа связи в субстратах определенной структуры. Ферменты типа Б (средняя строка) обладают ограниченной реакционной специфичностью, но широкой субстратной специфичностью. Ферменты типа В (с низкой реакционной и низкой субстратной специфичностями; нижняя строка) встречаются редко.

В. Классы ферментов

На сегодняшний день известно примерно 2000 различных ферментов. Разработанная система классификации учитывает реакционную и субстратную специфичности ферментов. Все ферменты включены в ?Каталог ферментов? под своим классификационным номером (КФ), состоящим из четырех цифр. Первая цифра указывает на принадлежность к одному из шести главных классов. Следующие две определяют подкласс и подподкласс, а последняя цифра ? номер фермента в данном подподклассе. Например, лактатдегидрогеназа имеет номер КФ 1.1.1.27 (класс 1, оксидоредуктазы; подкласс 1.1, донор электрона ? CH-OH; подподкласс 1.1.1, акцептор ? НАДФ+.)

Ферментативный катализ

Ферменты ? высокоэффективные катализаторы. Они повышают скорость катализируемой реакции в 1012 раз и более. Для понимания механизма ферментативного катализа полезно прежде всего рассмотреть протекание некаталитической реакции.

Тема 4. Гетерогенно-каталитические реакции

Гетерогенно-каталитические реакции. Гетерогенные катализаторы: классификация по химическому составу, требования, модификаторы, виды носителей. Адсорбционные явления при катализе. Преимущества. Кинетические модели гетерогенных реакции, Лэнгмюра-Хиншельвуда и Ридила-Эли.

Стадийные и слитные механизмы в гетерогенном катализе, примеры процессов. Степень

компенсации и потенциальные профили для этих механизмов. Электронные представления в катализе. Элементы зонной теории полупроводников. Слабые и сильные формы хемосорбционной связи на поверхности полупроводниковых катализаторов, их реакционная способность. Радикальные механизмы реакций в полупроводниковом катализе.

Тема 5. Экспериментальные методы изучения химической кинетики

Экспериментальные методы изучения химической кинетики. Статические и проточные (динамические) методы, интегральные и дифференциальные реакторы. Модели идеальных реакторов - идеального смешения и идеального вытеснения. Методы исследования нестационарных процессов. Кинетические модели гетерогенных реакции, Лэнгмюра-Хиншельвуда и Ридила-Эли.

Стадийные и слитные механизмы в гетерогенном катализе, примеры процессов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;

- критерии оценивания для каждого оценочного средства;

- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Катализ в промышленности, периодический журнал - http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1140752

Кинетика и катализ, периодический журнал - http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=712147

Неорганические материалы, периодический журнал - http://elibrary.ru/issues.asp?id=7918

Нефтехимия, периодический журнал - http://elibrary.ru/issues.asp?id=7920

Основы катализа - http://e.lanbook.com/view/book/4312/page431/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время. На лекции необходимо по каждой теме составить конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения, запоминания и дальнейшей проработки.
практические занятия	Практические занятия состоят в обсуждении предложенной заранее темы, возможны письменные (контрольные) работы и др. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практического занятия, для подготовки к нему необходимо: -внимательно прочитать конспект лекции по данной тематике;- ознакомиться с соответствующим разделом учебника; - проработать дополнительную литературу и источники по теме; - составить реферат или развернутый план выступления; - решить задачи и выполнить другие письменные задания. Подготовка к практическому занятию включает несколько этапов. Следует внимательно прочитать рекомендованную учебную литературу по теме. Затем приступить к знакомству с дополнительной литературой. В анализе могут содержаться выводы над какими вопросами но теме проведенного занятия студентам необходимо поработать еще самостоятельно. Обычно планы практических занятий охватывают основные темы изучаемого курса. Следует внимательно ознакомиться с кругом вопросов, которые определены планом практического занятия.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоя-тельная работа	- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; - знакомство с Интернет-источниками; - подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы, коллоквиумы); - выполнение контрольных работ; - подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены. Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях. При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.
зачет	При ответе на зачете необходимо: - продумать и четко изложить материал; - дать определение основных понятий; - дать краткое описание явлений; - привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками. При устном повествовании излагать материал четко и обдуманно. Для успешной сдачи необходимо разумное сочетание запоминания и понимания, простого воспроизводства учебной информации и работы мысли.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе "Инновационные материалы и методы их исследования".

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.08.05 Кинетика и механизм каталитических реакций

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия
Профиль подготовки: Инновационные материалы и методы их исследования
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Буданов, В. В. Химическая кинетика : учебное пособие / В. В. Буданов, Т. Н. Ломова, В. В. Рыбкин. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1542-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/168624 (дата обращения: 26.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия : учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 416 с. - ISBN 978-5-8114-1402-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/168461 (дата обращения: 26.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика: учебное пособие / Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х., - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 504 с. ISBN 978-5-91559-153-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/516597 (дата обращения: 26.05.2021). - Режим доступа : по подписке.

Дополнительная литература:

1. Бокштейн, Б. С. Физическая химия: термодинамика и кинетика : учебное пособие / Б. С. Бокштейн, М. И. Менделев, Ю. В. Похвиснев. - Москва : МИСИС, 2012. - 258 с. - ISBN 978-5-87623-619-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/47443 (дата обращения: 26.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2.Тимофеев, В. С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 'Химическая технология и биотехнология' / В. С. Тимофеев, Л. А. Серафимов, А. В. Тимошенко. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва: Высшая школа, 2010. - 406 с.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.08.05 Кинетика и механизм каталитических реакций

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Инновационные материалы и методы их исследования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.