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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Гетерогенный катализ Б3.ДВ.3

Направление подготовки: 020100.62 - Химия
Профиль подготовки: Физическая химия
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):

Егорова С.Р.

Рецензент(ы):

Горбачук В.В. , Зиганшин М.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 740314

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Егорова С.Р. Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова , Svetlana.Egorova@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

являются основные закономерности гетерогенного катализа, строения поверхности твердых каталитических систем, состав и свойства важнейших катализаторов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, подготовка обучающихся к самостоятельной работе в области гетерогенного катализа, каталитических технологий в неорганическом, органическом, нефтехимическом синтезе.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 020100.62 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Гетерогенный катализ" относится к вариативной части профессионального цикла Б3 (курс по выбору) и опирается на основные разделы общенаучных дисциплин: неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химическая технология, строение вещества, физические методы исследования.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	понимает сущность и социальную значимость профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- сущность и закономерности современного гетерогенного катализа;
- возможности современных физических методов исследования свойств катализаторов и изучения их каталитической активности;
- составы, строение и свойства промышленно важных катализаторов органического, нефтехимического синтезов и нефтепереработки;
- новые перспективные направления гетерогенного катализа, новые способы осуществления промышленных каталитических реакций;
- закономерности влияния свойств реагентов и продуктов реакций на состояние гетерогенных катализаторов в ходе эксплуатации,

2. должен уметь:

- ориентироваться в вопросах гетерогенного катализа, закономерностях каталитических превращений различных веществ;
- разбираться в основных видах каталитических систем, имеющих промышленно-важное значение;
- рационально проводить поиск и использование научно-технической информации, связанной с технологией синтеза гетерогенных катализаторов;

- ориентироваться в учебной, монографической, справочной и журнальной литературе в области гетерогенного катализа.

3. должен владеть:

- навыками анализа и организации работы каталитических процессов, разработки и применения катализаторов на новых и действующих промышленных объектах,
- навыками экспериментального исследования физико-химических свойств различных каталитических систем, математической обработки результатов измерений и сопоставления их с теоретическими значениями.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

сущность и закономерности современного гетерогенного катализа;
- возможности современных физических методов исследования свойств катализаторов и изучения их каталитической активности;
- составы, строение и свойства промышленно важных катализаторов органического, нефтехимического синтезов и нефтепереработки;
- новые перспективные направления гетерогенного катализа, новые способы осуществления промышленных каталитических реакций;
- закономерности влияния свойств реагентов и продуктов реакций на состояние гетерогенных катализаторов в ходе эксплуатации,

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Ведение в дисциплину.	8	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Физико-химические основы гетерогенного катализа.	8	2-4	8	0	0	
3.	Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.	8	4-8	10	0	0	коллоквиум

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Катализ металлами.	8	8-12	8	0	0	
5.	Тема 5. Катализ оксидами и каталитическое окисление.	8	12-15	10	0	0	
6.	Тема 6. Катализ сульфидами.	8	16-17	4	0	0	контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			42	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Ведение в дисциплину.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение в дисциплину. Важнейшие достижения катализа, нашедшие применение в промышленности. Важнейшие гомогенные и гетерогенные каталитические процессы. Преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа.

Тема 2. Физико-химические основы гетерогенного катализа.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Физико-химические основы гетерогенного катализа Общие закономерности гетерогенного катализа. Принципы гетерогенного катализа. Строение твердых катализаторов и их поверхности. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Удельная каталитическая активность. Физическая адсорбция. Геометрическая структура катализаторов. Измерение общей поверхности катализаторов. Современные методы измерения поверхности катализаторов. Химическая адсорбция. Методы исследования химической адсорбции.Старение и дезактивация катализаторов. Взаимодействие катализаторов с реакционной средой. Закоксовывание и регенерация катализаторов. Отравление катализаторов.

Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.

лекционное занятие (10 часа(ов)):

. Катализ твердыми кислотами и основаниями. Кислотность поверхности, определение. Твердые кислоты, причины появления кислотных свойств. Методы регулирования кислотных свойств поверхности катализатора. Методы определения кислотности, их достоинства и недостатки. Сила кислотных центров твердого катализатора. Типы кислотных каталитических систем и механизм их действия. Твердые сверхкислоты. Каталитическая изомеризация низкомолекулярных парафинов. Гетерогенные катализаторы изомеризации углеводородов. Цеолитные катализаторы превращения парафинов и олефинов в высокомолекулярные алифатические и ароматические углеводороды. Механизм крекинга углеводородов различных классов на алюмосиликатном катализаторе.Твердые основания и сверхоснования. Методы регулирования основных свойств.

Тема 4. Катализ металлами.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Катализ металлами. Основные реакции, катализируемые металлами. Промышленные процессы, проводимые на металлических катализаторах. Массивные и нанесенные металлические катализаторы. Структура металлов. Факторы, определяющие каталитическую активность металлов. Стадийность и скорость реакций на поверхности металла как активном центре. Массивные металлические катализаторы. Состав, строение и свойства серебряных катализаторов окисления. Сплавы и биметаллические сплавные катализаторы. Металлы Ренея. Морфология поверхности активированных металлических катализаторов. Области применения активированных металлических катализаторов. Особенности катализа дисперсными металлами. Зависимость каталитических свойств от дисперсности металла. Правили постоянства удельной каталитической активности. Особенности катализа нанесенными металлами. Морфология нанесенных металлических частиц. Структура и свойства бифункциональных катализаторов риформинга. Действие промотирующих добавок. Характеристика катализаторов гидрирования. Промышленные процессы, протекающие с участием катализаторов гидрирования.

Тема 5. Катализ оксидами и каталитическое окисление.

лекционное занятие (10 часа(ов)):

. Катализ оксидами. Оксидные катализаторы. Основные процессы, протекающие на оксидных катализаторах. Массивные и нанесенные оксидные катализаторы. Активный оксид алюминия. Природа каталитически активных центров. Каталитические свойства. Катализаторы окисления. Основные промышленные процессы, протекающие с участием катализаторов окисления. Цеолитные катализаторы превращения парафинов и олефинов в высокомолекулярные алифатические и ароматические углеводороды. Гетерогенные катализаторы изомеризации углеводородов. Основные процессы, протекающие с участием катализаторов изомеризации. Катализаторы дегидрирования углеводородов. Основные промышленные процессы, реализованные с участием катализаторов дегидрирования.

Тема 6. Катализ сульфидами.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Катализ сульфидами. Важнейшие сульфидные катализаторы и процессы, протекающие на них. Современные представления о структуре активного компонента и активных центров сульфидных катализаторов. Катализаторы гидрогенизационных процессов.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.	8	4-8	подготовка к коллоквиуму изучение теоретического лекционного материала; - проработка теоретическо	14	коллоквиум
6.	Тема 6. Катализ сульфидами.	8	16-17	подготовка к контрольной работе изучение теоретического лекционного материала; - проработка теоре	16	контрольная работа
	Итого				30	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Преподавание дисциплины "Гетерогенный катализ" сопровождается:

- демонстрацией слайдов с применением мультимедийной техники,

- использованием раздаточного материал с изображением конструкций различных реакционных устройств и принципиальных схем некоторых каталитических процессов.

- использованием интернет-ресурсов различных поисковых систем, таких как www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.wail.ru, www.yahoo.ru; www.rushim.ru, www.chem.msu.ru, www.Scirus.com, а также сайтов государственных ВУЗов: МГУ, СПбГУ, НГУ, ИК СО РАН, Scientopica, ChemWeb, ResearchIndex, ScientificWorld.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Ведение в дисциплину.

Тема 2. Физико-химические основы гетерогенного катализа.

Тема 3. Катализ твердыми кислотами и основаниями.

коллоквиум , примерные вопросы:

1.Опишите явление "катализ" с феноменологической точки зрения. В чем отличия положительного и отрицательного катализа? Каковы основные этапы развития катализа? 2.Общие закономерности и отличительные особенности гомогенного и гетерогенного катализа. Как классифицируются каталитические реакции? В чем заключаются преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа? 3. Основные принципы гетерогенного катализа. Природа каталитического действия поверхности твердого тела. 4. Природа каталитического действия оксидов металлов. Чем отличаются шпинели от простых оксидов металлов 5. Каталитическое действие поверхности смешанных оксидов металлов. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Твердые растворы вычитания. 6. Промежуточное взаимодействие в гетерогенном катализе. Чем обусловлена каталитическая активность поверхности твердого тела. Электронные свойства поверхности катализаторов. Поверхностные активные центры.

Тема 4. Катализ металлами.

Тема 5. Катализ оксидами и каталитическое окисление.

Тема 6. Катализ сульфидами.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Правило удельной каталитической активности. Основные этапы взаимодействия реагентов с поверхностью катализатора. 2. Явление физической адсорбции в гетерогенном катализе. Критерии, обуславливающие процесс физической адсорбции на поверхности катализатора. 3. Применение явления физической адсорбции для измерения общей поверхности твердых катализаторов и носителей катализаторов. Изотерма Ленгмюра. 4. Приведите пять типов изотерм физической адсорбции и охарактеризуйте по ним параметры пористой системы катализаторов. 5. Применение явления физической адсорбции для оценки пористой структуры твердых катализаторов и носителей катализаторов. Приведите пять типов гистерезисных петель и охарактеризуйте по их виду природу и форму пор и каналов твердого катализатора. 6. Явление химической адсорбции в гетерогенном катализе. Критерии, обуславливающие процесс химической адсорбции на поверхности катализатора. 7. Изотерма химической адсорбции. Пути протекания химической адсорбции реагентов на поверхности катализатора.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает следующие виды:

- изучение теоретического лекционного материала;

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература).

Билеты к зачету.

БИЛЕТ № 1

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Опишите явление "катализа" с феноменологической точки зрения. В чем специфика катализа? Признаки катализаторов и каталитических процессов? Стадии каталитических реакций?

2. Дезактивация катализаторов в результате закоксовывания. Принципы регулирования процессов закоксовывания катализаторов.

3. Процессы, протекающие на твердых катализаторах по кислотному механизму - дегидратация спиртов? Механизм дегидратации?

БИЛЕТ № 2

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Общие закономерности и отличительные особенности гомогенного и гетерогенного катализа. Как классифицируются каталитические реакции? В чем заключаются преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа?

2. Дезактивация катализаторов в результате закоксовывания. Образование коксовых отложений на поверхности катализатора по механизму карбидного цикла.

3. Сверхоснования? Природа сверхосновности?

БИЛЕТ № 3

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Кинетические особенности гомогенно-каталитических реакций?

2. Дезактивация катализаторов в результате закоксовывания. Консекутивный механизм образования коксовых отложений на поверхности катализаторов.

3. Процессы, протекающие на твердых катализаторах по кислотному механизму - превращение метанола в углеводороды? Механизм синтеза углеводородов?

БИЛЕТ № 4

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Активность катализатора? Способы определения каталитической активности?

2. Дезактивация катализаторов в результате закоксовывания. Типы коксовых отложений, формирующихся на поверхности катализаторов. Процессы, протекающие в катализаторе при закоксовывании.

3. Гетерогенные жидкие и твердые сверхкислоты? Механизм возникновения сверхкислотности? Получение сверхкислот?

1. Селективность? Способы измерения селективности? Конверсия?

2. Дезактивирующее действие спекания катализатора. Механизм спекания нанесенных металлических катализаторов. Процессы, протекающие с нанесенными металлическими катализаторами при достижении температуры Таммана и температуры Хуттинга.

3. Процессы, протекающие на твердых катализаторах по кислотному механизму - димеризация этилена на цеолитах X и Y?

БИЛЕТ № 6

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Методы измерения каталитической активности в статическом, проточном режимах? Реактора идеального вытеснения, полного смешения, катализ в кипящем слое?

2. Дезактивирующее действие спекания катализатора. Механизм спекания катализаторов с высокоразвитой поверхностью (на примере оксидных катализаторов).

3. Процессы, протекающие на твердых катализаторах по кислотному механизму - ароматизация парафинов и олефинов на цеолитах?

БИЛЕТ № 7

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Закон действующих поверхностей для описания гетерогенно-каталитических реакций?

2. Дезактивирующее действие недесорбируемых отложений металлов на поверхности катализаторов.

3. Гетерополикислоты? Природа активных центров? Применение в катализе?

БИЛЕТ № 8

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Кинетика и механизм Ленгмюра-Хиншелвуда для описания гетерогенно-каталитических реакций на однородных центрах поверхности?

2. Дезактивация путем отравления или загрязнения поверхности катализатора. Механизм отравления металлических катализаторов. Механизм отравления неметаллических катализаторов.

3. Процессы, протекающие на твердых катализаторах по кислотному механизму - промышленные процессы для синтеза ароматических углеводородов?

БИЛЕТ № 9

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Диффузионная кинетика для пористых гетерогенных катализаторов?

2. Понятие дезактивации катализатора. Время жизни катализатора. Основные причины дезактивации катализатора.

3. Бинарные оксиды? Природа кислотности? Типы бинарных оксидных катализаторов?

БИЛЕТ № 10

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Применение явления физической адсорбции для оценки пористой структуры твердых катализаторов и носителей катализаторов. Типы гистерезисных петель и охарактеризуйте по их виду природу и форму пор и каналов твердого катализатора.

2. Металлические катализаторы - бифукциональные катализаторы на примере процесса риформинга?

3. Координационный катализ? Комплексные соединения? Типы лигандов и их связей с металлом?

БИЛЕТ № 11

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Определение величины удельной поверхности катализатора из величины монослойной адсорбции? Уравнение БЭТ? Дифференциальные кривые распределения объемов пор по диаметрам?

2. Металлические катализаторы - взаимодействие металла с носителем? Схема роста частиц металла на носителе? Морфология частиц металла на носителе?

3. Цеолиты - представители твердых кислотных катализаторов? Свойства цеолитов, определяющие их каталитическую активность?

БИЛЕТ № 12

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

1. Явление химической адсорбции в гетерогенном катализе для исследования катализаторов?

2. Биметаллические катализаторы. Геометрический и электронный фактор? Мультиплетная теория катализа?

3. Механизмы катализа комплексными соединениями - диссоциативный, ассоциативный?

БИЛЕТ № 13

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Классификация кислотных катализаторов? Гомогенный кислотный и основной катализ в рамках теории Аррениуса, Бренстеда? Принципы действия активного центра?

2. Металлические катализаторы - структуры частиц, хемосорбированных на поверхности металла?

3. Оксид кальция - представитель твердых оснований? Природа основных центров в оксиде кальция?

БИЛЕТ № 14

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Типы кислотного катализа: специфический кислотный, общий кислотный, электрофильный? Типы основного катализа: специфический основной, общий основной, нуклеофильный?

2. Металлические катализаторы - влияние размера частиц на удельную каталитическую активность? Классификация Будара?

3. Металлические катализаторы - классификация? Основные реакции, катализируемые металлами?

БИЛЕТ № 15

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Особенности гетерогенного катализа кислотами и основаниями? Формирование бренстедовских и льюисовских кислотных центров?

2. Примеры промышленных процессов на металлических катализаторах - гидрирования, окисления?

3. Металлические катализаторы - дисперсность металлов? Правило Борескова Г.К.?

БИЛЕТ № 16

по дисциплине "Гетерогенный катализ"

1. Определение степени кислотности твердых кислот? Индикаторный метод?

2. Металлические катализаторы - факторы, определяющие активность металлических катализаторов?

3. Оксид алюминия - представитель твердых кислотных катализаторов? Природа кислотных центров в оксидах алюминия?

7.1. Основная литература:

1. Леффлер, У.Л. Переработка нефти: для использования в учебном процессе со студентами высших учебных заведений, обучающимися по химико-технологическим специальностям / Уильям Л. Леффлер; [пер. с англ. З. П. Свитанько].?[2-е изд., пересмотр.].?Москва: Олимп-Бизнес, 2011.?223 с.:

2. Боруцкий, П.Н. Каталитические процессы получения углеводородов разветвленного строения, Изомерия и катализ синтеза углеводородов разветвленного строения / П. Н. Боруцкий.?Санкт-Петербург: Профессионал, 2010.?745 с.

3.Афанасьев Б.Н. Физическая химия: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Химическая технология", "Биотехнология" и "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2012. - 463 с.

4. Афанасьев Б.Н. Акулова Ю.П. Физическая химия. [Электронный ресурс]. - Санкт-Петербург.: Лань, 2012. - 416 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4312

5. 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.

7.2. Дополнительная литература:

1. Крылов О.В. Гетерогенный катализ М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. - 679 с.

2. Методические разработки к спецпрактикуму по гетерогенному катализу. Для студентов химического факультета. / А. А. Ламберов, С. Р. Егорова. - Казань: КГУ, 2006. - 38 с.

3. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. М.: Академия. 2003.

7.3. Интернет-ресурсы:

Scirus - for scientific information - www.Scirus.com

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН - www.catalysis.ru

российская информационная сеть - www.chem.msu.ru

химическая технология - www.chemicals-technology.com.projects

Электронная библиотека - www.rushim.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Гетерогенный катализ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

- слайды с применением мультимедийной техники (разделы 1-6);
- раздаточный материал с изображением конструкций различных реакционных устройств и принципиальных схем некоторых каталитических процессов (разделы 3-6).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020100.62 "Химия" и профилю подготовки Физическая химия .

Автор(ы):
Егорова С.Р. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Горбачук В.В. _____
Зиганшин М.А. _____
"__" _____ 201 __ г.