

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной деятельности КФУ
Проф. Д.К. Нургалиев



20 15 г.

Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2 Физическая супрамолекулярная химия

Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) подготовки: 02.00.04 Физическая химия

Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: заочная

Язык обучения: русский

Казань
2015

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Курс посвящен современным научным достижениям в области химической термодинамики процессов сорбции на границе раздела фаз, и межфазного переноса, хроматографического разделения сложных смесей с участием супрамолекулярных объектов, физических основ супрамолекулярной химии и нанотехнологии, термодинамики взаимодействия субстрат-рецептор с участием белков и органических макроциклических рецепторов.

Физическая супрамолекулярная химия является разделом физической химии, рассматривающим современные подходы к решению задачи прогнозирования физических и физико-химических свойств веществ и материалов на основе данных об молекулярной структуре.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Данный курс относится к блоку дисциплин по выбору Б1.В.ДВ вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность 02.00.04 Физическая химия. Осваивается на 2 курсе (4 семестр).

Для успешного освоения данной дисциплины нужно освоение в качестве предшествующих следующих дисциплин: физической химии, органической и аналитической химии, а также наличие базовых лабораторных навыков. Кроме того, обучающиеся должны владеть элементами высшей математики и основами физики.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать: химическую термодинамику процессов сорбции на границе раздела фаз, и межфазного переноса с участием супрамолекулярных объектов, хроматографического разделения сложных смесей, термодинамику взаимодействия субстрат-рецептор с участием белков и органических макроциклических рецепторов, термодинамику сольватации неэлектролитов.

уметь: ориентироваться в проблемах физической супрамолекулярной химии, в том числе в физических и физико-химических основах супрамолекулярной химии и нанотехнологии, решать задачи по прогнозированию свойств веществ и материалов на основе данных о структуре их молекул.

владеть: основными подходами и экспериментальными методами физической супрамолекулярной химии, позволяющими измерять основные физические и физико-химические свойства веществ и материалов, в том числе сложных супрамолекулярных систем и объектов с наноструктурой.

демонстрировать способность и готовность: применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки

УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	умением применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма аттестации по дисциплине: зачет.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Термодинамика гомогенных растворов и прогнозирование биологической активности органических веществ	4	1	—	—	9
2	От термодинамики образования растворов к термодинамике образования клатратов и супрамолекулярных комплексов	4	—	—	—	9
3	Классификация межмолекулярных взаимодействий. Особенности межмолекулярных взаимодействий в супрамолекулярных комплексах	4	1	—	—	9
4	Гидрофобный эффект и кооперативные эффекты в супрамолекулярных системах.	4	1	—	—	9
5	Соотношения «структура-свойство» для растворов неэлектролитов и супрамолекулярных систем.	4	—	—	—	9
6	Внетермодинамические закономерности для супрамолекулярных систем	4	—	—	—	9
7	Термодинамика гетерогенных систем в супрамолекулярной химии.	4	—	—	—	9
8	Термические методы исследования супрамолекулярных систем.	4	1	—	—	9
9	Спектральные методы исследования супрамолекулярных систем.	4	1	—	—	9
10	Рентгеновские методы исследования супрамолекулярных систем.	4	1	—	—	10
11	Экспериментальные методы измерения плотности, вязкости, текучести, поверхностного натяжения и дисперсности	4	1	—	—	10

	объектов супрамолекулярной химии.					
	Итого		7			101

4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Термодинамика гомогенных растворов и прогнозирование биологической активности органических веществ.

Термодинамика гомогенных растворов и ее практические приложения. Параметр гидрофобности. Применение этих параметров для прогнозирования биологической активности органических веществ. Пример с токсичностью органических соединений. Правило обратной растворимости.

Тема 2. От термодинамики образования растворов к термодинамике образования клатратов и супрамолекулярных комплексов.

Разделение термодинамических параметров образования растворов на вклады энергии образования полости, энергии взаимодействия и межмолекулярных взаимодействий растворенное вещество - растворенное вещество. Пример раствора со сферическими одинаковыми молекулами. Значение этих представлений для супрамолекулярной химии. Реорганизация растворителя, ее вклад в величины термодинамических параметров. Причины повышенной устойчивости клатратов и твердых супрамолекулярных комплексов.

Тема 3. Классификация межмолекулярных взаимодействий. Особенности межмолекулярных взаимодействий в супрамолекулярных комплексах.

Современные представления о межмолекулярных взаимодействиях в гетерогенных системах. Типы межмолекулярных взаимодействий. Роль полярности растворителя и растворенного вещества. Специфические взаимодействия. Экспериментальные методы определения их параметров.

Тема 4. Гидрофобный эффект и кооперативные эффекты в супрамолекулярных системах.

Термодинамическое проявление гидрофобного эффекта и его структурная интерпретация. Супрамолекулярные системы, кооперативные межмолекулярные взаимодействия, взаимодействия гость-хозяин. Их отличия от обычных парных взаимодействий. Понятие комплементарности. Примеры супрамолекулярных систем. Гидрофобная гидратация. Примеры с участием белков и циклодекстрина. Структурная интерпретация гидрофобной гидратации. Термотропные эффекты для растворов белков и гидрофильных полимеров.

Тема 5. Соотношения «структура-свойство» для растворов неэлектролитов и супрамолекулярных систем.

Классификация неспецифических межмолекулярных взаимодействий по величине их вклада, приходящегося на единицу собственного объема молекул (мольной рефракции) для различных по структуре молекул и функциональных групп. Линейные соотношения структура-энергия. Модель LSER. Эффект исключения по объему для клатратов и твердых супрамолекулярных комплексов.

Тема 6. Внутермодинамические закономерности для супрамолекулярных систем.

Компенсационная зависимость между энтальпией и энтропией сольватации для растворов в неполярных средах и воде, для клатратов и твердых супрамолекулярных комплексов. Физический смысл компенсационной зависимости для термодинамических параметров сольватации. Особенности компенсационной зависимости для супрамолекулярных систем.

Тема 7. Термодинамика гетерогенных систем в супрамолекулярной химии.

Понятия адсорбции, адсорбента, сорбата, изотермы сорбции. Различные типы сорбентов и видов адсорбции. Форма изотерм адсорбции летучих веществ и газов для цеолитов, материалов с сетчатой металлоорганической структурой, каликсаренов,

активированного угля, гемоглобина. Азотная порометрия. Физические основы метода, конструкция и принцип действия прибора.

Тема 8. Термические методы исследования супрамолекулярных систем.

Термоанализ. Термогравиметрия. Дифференциальный сканирующий анализ. Анализ отходящих паров и газов. Физические основы термических методов, конструкция и принцип действия приборов для термоанализа. Совмещенный термоанализ. Особенности поведения супрамолекулярных систем в ходе термоанализа.

Тема 9. Спектральные методы исследования супрамолекулярных систем.

ИК-, УФ- и флуоресцентная спектроскопия. ЯМР спектроскопия. ЯМР спектроскопия с кросс-поляризацией под магическим углом для твердых образцов. Масс-спектрометрия. Физические основы спектральных методов, конструкция и принцип действия приборов. Особенности спектров супрамолекулярных систем, измеренных разными методами.

Тема 10. Рентгеновские методы исследования супрамолекулярных систем.

Монокристалльный рентгеноструктурный анализ. Порошковая рентгеновская дифрактометрия. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия. Физические основы рентгеновских методов, конструкция и принцип действия приборов. Основные приемы и методы определения структуры и идентификации кристаллических образцов.

Тема 11. Экспериментальные методы измерения плотности, вязкости, текучести, поверхностного натяжения и дисперсности объектов супрамолекулярной химии.

Определение показателя текучести расплава. Акустические методы определения плотности жидкостей. Определение вязкости жидкостей методом ротационной вискозиметрии. Определение поверхностного натяжения жидкостей методом отрыва кольца, взвешиванием слайда Вильгельми. Определение размеров частиц методом динамического светорассеяния. Физические основы этих методов, конструкция и принцип действия приборов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях:

- использование компьютерной презентации и выхода в интернет для разбора типичных задач физической химии супрамолекулярных объектов, встречающихся на практике: в научной работе, медицине, быту, промышленности;
- знакомство с конструкцией, принципом действия научных приборов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Самостоятельная работа аспиранта включает составление отчетов по следующим темам:

- Построение многопараметровой линейной модели «структура-свойство» для набора литературных экспериментальных данных о параметрах гидрофобности, энтальпиях сольватации, энергиях Гиббса сольватации серии органических соединений различного состава.

- Проверка применимости модели LSER для набора литературных экспериментальных данных о параметрах гидрофобности, энтальпиях сольватации, энергиях Гиббса сольватации серии органических соединений различного состава.

- Проверка выполнения компенсационной зависимости для набора литературных экспериментальных данных об энтальпиях и энергиях Гиббса сольватации серии органических соединений различного состава в воде и неводных растворителях.

- Аппроксимация литературных экспериментальных данных об изотермах сорбции пароводяного газа твердым хозяином с образованием соединений включения (клатратов) с помощью уравнения Хилла.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

ПРОТОКОЛ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛЛОВ

Количество баллов, выделенное на курс, – 100.

Максимально возможная сумма баллов складывается из 50 за работу в семестре и 50 за зачет.

Работа в семестре

Текущая работа в семестре проводится в соответствии с рабочим планом. Максимально возможная сумма баллов – 50. Начисление баллов учитывает работу студента в аудитории – по ответам на вопросы промежуточного контроля.

Сдача зачета

Зачет по курсу является итоговой оценкой по курсу. К зачету допускаются студенты, которые дали ответ на вопросы промежуточного контроля и в итоге набрали не менее 25,5 балла. Зачет проводится в устной форме по вопросам, приведенным в разделе 7.3. Максимальное количество баллов, выделяемое за зачет, – 50.

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Вопросы для промежуточного контроля:

1. Выбор оптимального стандартного состояния для анализа соотношения структурно-свойство в заданном наборе экспериментальных данных для растворов и твердых клатратов.
2. Отнесение заданного набора органических соединений к различным типам, исходя из классификации соединений и групп по энергии сольватации, приходящейся на единицу параметра объема их молекул.
3. Обоснование связи токсичности гомологов с их растворимостью в воде и параметром гидрофобности.
4. Критерии проявления гидрофобного эффекта для заданного органического соединения. Возможность экспериментального определения воды гидрофобной гидратации.
5. Объяснение повышенной прочности комплексов краун-эфиров, криптанов, клатратов каликсаренов, димера уксусной кислоты.
6. Причины и типы кооперативных эффектов во взаимодействии субстрат-рецептор с участием белков.
7. Роль воды во взаимодействии субстрат-рецептор с участием белков.
8. Роль гидрофобной гидратации в термотропных эффектах.
9. Оценка энергии Гиббса образования клатрата по данным об изотерме сорбции паров «гостя» твердым хозяином
10. Определение порошковой дифрактограммы твердого супрамолекулярного комплекса. Конструкция и принцип действия порошкового рентгеновского дифрактометра.
11. Определение показателя текучести расплава координационного полимера с помощью автоматического пластомера. Конструкция и принцип действия применяемого прибора.
12. Определение вязкости супрамолекулярного геля методом ротационной вискозиметрии. Конструкция и принцип действия применяемого прибора.
13. Определение поверхностного натяжения структурированных жидкостей методом отрыва кольца и с применением весов Лэнгмюра и слайда Вильгельми. Конструкция и принцип действия применяемого тензиометра.

7.3. Вопросы к зачету

1. Применение параметра гидрофобности для прогнозирования биологической активности органических веществ.
2. Значение представлений об энергии образования полости и способах ее оценки для супрамолекулярной химии.
3. Типы межмолекулярных взаимодействий в гомогенных и гетерогенных системах. Роль полярности растворителя и растворенного вещества в этих взаимодействиях.
4. Определение, природа и значение гидрофобного эффекта в супрамолекулярных, в том числе биологических системах.
5. Кооперативные межмолекулярные взаимодействия в супрамолекулярных системах. Примеры супрамолекулярных комплексов и клатратов (соединений включения). Понятие комплементарности.
6. Феноменологические подходы к описанию соотношения "структура-свойство" для растворов неэлектролитов. Структурные параметры соединений.
7. Линейные соотношения структура-энергия. Модель LSER.
8. Компенсационная зависимость между энтальпией и энтропией сольватации для растворов в неполярных средах и воде. Значение этого фактора для супрамолекулярных систем.
9. Термодинамическое проявление гидрофобного эффекта и его структурная интерпретация. Гидрофобная гидратация. Примеры с участием белков и циклодекстринов.
10. Спектральные методы исследования супрамолекулярных систем.
11. Теплофизические методы исследования супрамолекулярных систем.
12. Термодинамика адсорбции. Различные типы сорбентов и видов адсорбции. Супрамолекулярные рецепторы.
13. Физические основы термических методов, конструкция и принцип действия приборов для термоанализа
14. Физические основы спектральных методов, конструкция и принцип действия приборов
15. Физические основы рентгеновских методов, конструкция и принцип действия приборов. Основные приемы и методы определения структуры и идентификации кристаллических образцов

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области физической супрамолекулярной химии	Вопросы к зачету №№1-9. Устный опрос по темам 1-7
		Способность к генерированию новых идей при решении исследовательских и	Вопросы к зачету №№1-9. Устный опрос по темам 1-7

	целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	практических задач, способность проектировать и осуществлять комплексные исследования в области физической супрамолекулярной химии	
УК-2	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач в области физической супрамолекулярной химии	Вопросы к зачету №№1-15. Устный опрос по темам 1-11
УК-3	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий в области физической супрамолекулярной химии	Вопросы к зачету №№1-15. Устный опрос по темам 1-9
ОПК-1	умение применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных	умение применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных в области физической супрамолекулярной химии	Вопросы к зачету №№1-9. Устный опрос по темам 1-7
ПК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений,	способность к критическому анализу и оценке современных	Вопросы к зачету №№1-15. Устный опрос по

	генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, используя методы и подходы физической супрамолекулярной химии	темам 1-11
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Работа на лекционных и практических занятиях предполагает активное участие в дискуссиях. Для подготовки к занятиям рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем.

При подготовке к устным опросам следует использовать материалы лекции, а также источников, которые указаны в списке литературы.

При подготовке к зачету необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на зачете содержатся два вопроса.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

1. Суздаев, И. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - М.: Либроком, 2013. - 589 с.
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] - М.: Машиностроение, 2012. - 656 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5793
3. Елисеев, Андрей Анатольевич. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. акад. Ю.Д. Третьякова.—Москва: Физматлит, 2010.—452 с.: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59578

9.2. Дополнительная литература

1. Стил Дж. В., Этвуд Дж. Л. Супрамолекулярная химия. М. : ИКЦ "Академкнига", 2007, Т. 1, 2.
2. Сергеев Г.Б. Нанохимия: учебное пособие для студентов / Г.Б. Сергеев.[3-е изд.]. - Москва: Книжный дом Университет, 2009. - 333 с.
3. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. – М.:Физматлит, 2009. – 456 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2291

4. Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев.—Издание 2-е, исправленное.—Москва: Физматлит, 2009.—416 с.: <http://e.lanbook.com/view/book/2173>
5. Эткинс П. Физическая химия. - М.: Мир, 2007.
6. Горбачук В.В., Зиганшин М.А., Новиков В.Б., Сироткин В.А. Руководство к практическим работам по физико-химическим методам исследования. Казань, 2007.- Изд. КГУ
7. Б. А. Руденко. Капиллярная хроматография. М.: Наука, 1978
8. Современное состояние жидкостной хроматографии. под. ред. Дж. Киркланда. М.Наука. 1974.
9. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам. Под ред. О.Микеша. В 2-х частях. М.:Мир. 1982.

9.3. Интернет-ресурсы

1. Супрамолекулярная химия - <http://www.cchem.berkeley.edu/knrgroup/sup.html>
2. Супрамолекулярная химия - <http://www.chem.msu.su/zorkii/istkhim/supramol.html>
3. Визуальная демонстрация супрамолекулярной химии: наблюдаемое усиление флуоресценции при образовании комплекса включения гость-хозяин - <http://www.chem.ufl.edu/~kschanze/outreach/h2.pdf>
4. Супрамолекулярная химия - https://en.wikipedia.org/wiki/Supramolecular_chemistry
5. Супрамолекулярная химия - <http://www.freebookcentre.net/Chemistry/SupraMolecular-Chemistry-Books.html>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже IntelCore i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.


Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для

образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом рекомендаций по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 №869).

Автор:

д.х.н., проф. Горбачук В.В.



Рецензенты:

д.х.н., проф. Верещагина Я.А.



Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Химического института им. А.М Бутлерова КФУ от 31 августа 2015 года, протокол № 7.