

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  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_\_" 20\_\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Избранные главы электрохимического анализа Б1.В.ДВ.13

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Автор(ы): Евтюгин Г.А.

Рецензент(ы): Будников Г.К.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Евтюгин Г. А.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от "\_\_\_" 20\_\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК № \_\_\_ от "\_\_\_" 20\_\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Евтушин Г.А. (Кафедра аналитической химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Gennady.Evtugyn@kpfu.ru

### **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
ОК-7	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-7);
ОПК-1	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач (ОПК-1);
ПК-3	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания (ПК-3);
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией;

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

Знать основные механизмы окисления/восстановления низкомолекулярных соединений и пути исследования этих механизмов методами вольтамперометрии, обсуждать физико-химические аспекты электродных реакций определяемых соединений, ориентироваться в современной литературе и вести дискуссию по электрохимическим методам анализа

Должен уметь:

Уметь самостоятельно планировать электрохимические исследования с целью установления механизма электродных реакций и рабочих условий определения соединений различного строения для решения конкретных аналитических задач

Должен владеть:

Владеть навыками расчетов кинетических параметров электродных реакций и определения стехиометрических параметров переноса электрона и ионов водорода, оценки метрологических и иные операционных характеристик биосенсоров

Должен демонстрировать способность и готовность:

способность владеть основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической и аналитической химии), применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных

### **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.13 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 8 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. 1. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость	8	2	0	0	2
2.	Тема 2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия	8	2	0	0	2
3.	Тема 3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых	8	2	0	0	2
4.	Тема 4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии	8	2	0	0	2
5.	Тема 5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода	8	2	0	0	2
6.	Тема 6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза	8	2	0	0	2
7.	Тема 7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола	8	2	0	0	2
8.	Тема 8. Потенциостатические методы	8	2	0	0	2
9.	Тема 9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"	8	2	0	0	2
10.	Тема 10. Спектроскопия электрохимического импеданса	8	2	0	0	2
11.	Тема 11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постояннотоковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса	8	2	0	0	2
12.	Тема 12. Пьезокварцевое микрозвешивание	8	2	0	0	2
13.	Тема 13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микрозвешивание с регистрацией вольтамперных кривых	8	2	0	0	2
14.	Тема 14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция	8	2	0	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
15.	Тема 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.	8	2	0	0	2
16.	Тема 16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ	8	2	0	0	2
17.	Тема 17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами	8	2	0	0	2
18.	Тема 18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).	8	2	0	0	2
	Итого		36	0	0	36

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость

1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость. Стадии электрохимического процесса. Электродная реакция и химические реакции интермедиатов. Общая характеристика природы промежуточных частиц в реакциях переноса электрона, иона водорода, димеризации и разложения. Понятие "хорошей" уходящей группы. Общие подходы к выявлению природы и последовательности стадий электрохимического процесса на примере ЕС, СЕ и ЕСЕ-процессов.

##### Тема 2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия

2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия. Характеристика вольтамперной кривой. Окно рабочих потенциалов. Процессы, ограничивающие ширину рабочего "окна" потенциалов и способы его изменения. Вольтамперный пик. Описание формы пика для обратимого и необратимого электродного процесса. Влияние нефарадеевских стадий на форму вольтамперного пика. Адсорбция. Реакции протонирования-депротонирования. Полимеризация и "отравление" электрода. Электрокатализ. Характеристика изменения пиков на циклических вольтамперограммах в зависимости от соотношения стадий химического превращения интермедиатов и переноса электрона.

##### Тема 3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых

3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых. Стадии массопереноса и переноса электрона. Электрохимический вариант законов Фика. Дифференциальные уравнения и граничные условия, описывающие концентрационные зависимости электродной реакции при различной геометрии электрода. Примеры реализации компьютерной симуляции кривых. Программы Electrochemist.com, Polarograph.com, ESP. Особенности реализации интерфейса и примеры использования для расчета кинетических параметров переноса электрона.

##### Тема 4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии

4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии. Химические стадии, инициируемые электронным переносом. Депротонирование и димеризация как основные стадии анодных реакций, протонирование, отщепление устойчивых анионов и димеризация в катодных процессах. Характеристика вольтамперограмм и способы расчета кинетических параметров априорных стадий ЕСЕ процессов. Надежность установления механизма электродной реакции по данным вольтамперометрии. Использование сверхбыстрой развертки потенциала и бипотенциостатических методов анализа.

##### Тема 5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода

5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода. Влияние стадий переноса электрона и иона водорода в анодном окислении замещенных фенолов, полиспиртов и ароматических аминов. Окисление пирокатехинов. Диаграммы Е - pH и установление лимитирующих стадий процесса по константам кислотности.

##### Тема 6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза

6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза. Характеристика органических соединений, способных к электрополимеризации, в соответствии с редокс-активностью и электропроводностью продуктов. Методы проведения электрополимеризации: потенциостатический электролиз, потенциодинамический электролиз, пульс-методы. Характеристика циклических вольтамперограмм в реакциях электрохимического осаждения продуктов олигомеризации на электроде. Влияние ионного состава электролита на характеристики полимера. Влияние материала электрода на эффективность полимеризации и природу продукта.

### **Тема 7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола**

7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола. Особенности получения и проявления электрохимической активности полианилина, политиофена и полипиррола. Виды вольтамперограмм и условия получения продуктов реакции. Проведение электролиза в органических и мицеллярных средах. Кислотно-основные свойства полианилина. Влияние противоиона на процесс полимеризации, ионообменные и окислительно-восстановительные свойства полианилина. Особенности электрополимеризации тиофена. Характеристика 3,4-диоксиэтилентиофена и октилитиофена. Оптические свойства политиофена и PEDOT. Сравнительная характеристика полипиррола и других полимеров как основы для иммобилизации биохимических компонентов. Сверхокисленный полипиррол в биосенсорах.

### **Тема 8. Потенциостатические методы**

8. Потенциостатические методы. Условия потенциостатического измерения окислительно-восстановительных характеристик деполяризатора. Понятие реакционного слоя. Уравнение Котрелла. Сравнительная характеристика чувствительности потенциостатических и потенциодинамических (вольтамперометрических) методов анализа. Анализ хроноамперограммы. Определение площади поверхности, коэффициента диффузии и количества реагирующего вещества по хроноамперограмме. Влияние адсорбции и растворения электрода на вид хроноамперограмм.

### **Тема 9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"**

9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций". Рассмотрение примеров интерпретации данных циклической вольтамперометрии в реакциях электрохимического окисления органических соединений. Установление природы лимитирующей стадии и стехиометрии переноса электрона и протона. Рекомендации к исследованию электродных реакций анализов.

### **Тема 10. Спектроскопия электрохимического импеданса**

10. Спектроскопия электрохимического импеданса. Основы метода. Способы представления гармонических колебаний. Импеданс и адmittанс. Диаграммы Найквиста. Понятие эквивалентной ячейки (эквивалентной схемы расчетов). Ячейка Рейнолдса как основной способ импедиметрии при исследовании поверхностных реакций. Эквивалентные ячейки при исследовании толстых и пористых пленок, коррозии и электрополимеризации. Альтернативные способы представления импедиметрических данных. Диаграммы Лове.

### **Тема 11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постояннотоковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса**

11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постояннотоковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса. Окисление фенотиазиновых красителей. Влияние строения на механизм окисления. Установление соотношения числа переносимых ионов водорода и электронов в лимитирующей стадии. Определение заряда промежуточных частиц. Исследование адсорбции фенотиазинов на электродах различной природы. Сравнение поведения фенотиазинов со свободной аминогруппой (тионин) и диалкиламиногруппами (Метиленовый зеленый), фенотиазинов и феназинов (Нейтральный красный). Обнаружение и изучение вклада процессов электрополимеризации фенотиазинов и фенкосазинов.

### **Тема 12. Пьезокварцевое микрозвешивание**

12. Пьезокварцевое микрозвешивание. Пьезоэффект. Материалы, обладающие пьезоэффектом. Кварц. Строение пьезокварцевого резонатора. Принципиальная схема измерения пьезокварцевого эффекта. Измерение на воздухе. Уравнение Зауэрбрея. Измерение в жидкой среде. Стационарные условия. Проточно-инжекционный режим. Особенности применения уравнения Зауэрбрея. Примеры реализации пьезокварцевого микрозвешивания в биоанализе.

### **Тема 13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микрозвешивание с регистрацией вольтамперных кривых**

13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микровзвешивание с регистрацией вольтамперных кривых. Реализация метода пьезокварцевого микровзвешивания с одновременной регистрацией вольтамперных кривых. Феноменологическое описание электродных процессов по данным EQCM. Изучение катодных реакций выделения водорода. Изучение электродного восстановления адсорбированного молекулярного кислорода. Демонстрация возможности метода на примере электрополимеризации. Достоинства и ограничения EQCM.

#### **Тема 14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция**

14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция. Механизм электролюминесценции. Основные механизмы генерирования люминесценции. Спектры люминесценции. Активация и тушение электролюминесценции. Электролюминесценция в тонких пленках и в растворе. Электролюминесценция в определении неорганических и органических соединений. Основные реагенты, применяемые в электролюминесцентных вариантах электроанализа. Органические комплексы рутения, люминол, пероксид водорода. Оборудование для регистрации электролюминесценции.

#### **Тема 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.**

15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия. Электроды для регистрации изменения оптических характеристик в процессе электродных реакций. Тонкие пленки золота, оксида индия и олова (электроды ITO). ИК-Спектры отражения. Примеры использования спектроэлектрохимии в изучении электродных реакций красителей и полимеров с электропроводящими свойствами. Спектроэлектрохимия полианилина.

#### **Тема 16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ**

16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ. Требования, предъявляемые к индикаторным электродам в проточном анализе. Проточно-инжекционный и проточный непрерывный электроанализ. Особенности работы с потенциометрическими и амперометрическими сенсорами. Способы ввода пробы. Аналитический сигнал и его обработка. Проведение дополнительных стадий (маскирование, концентрирование, дериватизация) анализа. Проточный анализ и миниатюризация сенсоров. Проблема электрода сравнения. Сравнительная характеристика проточных и стационарных методов анализа с одним индикаторным электродом.

#### **Тема 17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами**

17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами. Современные технологии изготовления микрофлюидных устройств. Травление, литография, методы полимеризации. Способы организации потоков в микрофлюидных устройствах. Микронасосы пьезоэлектрического, микроманометрического действия. Системы ввода пробы. Электрохимические детекторы микрофлюидных устройств. Примеры реализации электрохимических микрофлюидных систем. Лаборатория на чипе.

#### **Тема 18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).**

18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов). Обсуждение на практических примерах возможных путей развития электроаналитической химии с акцентом на медико-биологические проблемы (инвазивные датчики, определение биомаркеров заболеваний, создание топливных элементов для определения метаболитов). Особенности аппаратурного оснащения микросенсоров и требования стерилизации и калибровки систем.

#### **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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

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

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы - <http://znanium.com/bookread.php?book=419626>

Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа - <http://znanium.com/bookread.php?book=399829>

Электрохимические процессы в технологии микро- и наноэлектроники - <http://znanium.com/bookread2.php?book=431359>

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 8</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Контрольная работа	ПСК-1 , ПК-3 , ОПК-1 , ОК-7	14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.
2	Дискуссия	ПСК-1 , ОПК-1 , ПК-3 , ОК-7	16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ
	<b>Зачет</b>	ОК-7, ОПК-1, ПК-3, ПСК-1	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап	
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.		
<b>Семестр 8</b>						
<b>Текущий контроль</b>						

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Дискуссия	Высокий уровень владения материалом по теме дискуссии. Превосходное умение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Высокий уровень этики ведения дискуссии.	Средний уровень владения материалом по теме дискуссии. Хорошее умение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Средний уровень этики ведения дискуссии.	Низкий уровень владения материалом по теме дискуссии. Слабое умение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Низкий уровень этики ведения дискуссии.	Недостаточный уровень владения материалом по теме дискуссии. Неумение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Отсутствие этики ведения дискуссии.	2
<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>			
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.				

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### Семестр 8

#### Текущий контроль

##### 1. Контрольная работа

Темы 14, 15

1. Форма вольтамперной кривой при различных сочетаниях химических стадий и стадий переноса электрона. 2. Анализ механизма окисления гидрохинона: влияние pH и среды. 3. Влияние внутрисферного переноса электрона на электрохимическое поведение органических комплексов мультивалентных ионов металлов (на примере фталоцианинов и порфиринов переходных металлов). 4. Нетрадиционные механизмы переноса заряда на электродах, модифицированных электропроводящими материалами (прыжковый механизм) 5. Влияние условий синтеза на электрохимические характеристики электропроводящих материалов. 6. Теория замедленного разряда. Уравнение Баттлера-Фольмера. 7. Определение коэффициента переноса и его физический смысл в свете теории замедленного заряда. 8. Токи обмена и влияние величины тока обмена на электрохимическую обратимость процесса. 9. Химическая и электрохимическая обратимость стадий электродных реакций. 10. Уравнение Тафеля и его применение в исследовании механизма электрохимической реакции. 11. Влияние геометрии электрода на вольтамперные кривые. Диффузионные токи на стационарных сферическом и полусферическом электродах. 12. Массоперенос к ультрамикроэлектродам. 13. Практическое применение ультрамикроэлектродов и батарей ультрамикроэлектродов для решения специальных задач электроанализа. 14. Практические аспекты применения ультрамикроэлектродов. 15. Граничные условия задачи моделирования вольтамперных кривых. 16. Моделирование многостадийных процессов с включением химических стадий. Особенности формулирования граничных условий. 17. Компьютерное моделирование поведения электродов, модифицированных пленками полимеров. 18. Электроанализ в потоке. Системы типа wall-jet. 19. Электрохимические микрофлюидные устройства 20. Проблемы, связанные с применением имплантируемых сенсоров (на примере определения газового состава крови) 21. Наноэлектрохимия и наносенсоры. 22. Микроэлектронные устройства на основе гребенчатых электродов. 23. Мультисенсорные устройства. Концепция вольтамперометрического "электронного языка".

## 2. Дискуссия

### Тема 16

#### Темы для дискуссии:

1. Почему проточные методы относят к комбинированным методам анализа?
2. Какие аспекты анализа требует привлечение проточных систем к традиционным вариантам?
3. В чем преимущества объединения проточных и электрохимических методов?
4. Есть ли преимущества в проточно-непрерывном методе анализа по сравнению с проточно-инжекционным?
5. Какие сложности влечет объединение методов на уровне аппаратурного оснащения протока?
6. Как согласуются параметры точности в стационарных и проточных электрохимических методах?
7. Насколько результаты проточных систем анализа быстрее традиционных электрохимических методов?
8. Дороже или нужнее - о себестоимости исследований в потоке
9. Примеры практической реализации концепции проточного электрохимического анализа
10. Проточный или микрофлюидный? - когда размер имеет значение.

### Зачет

#### Вопросы к зачету:

Что такое микрофлюидика и микрофлюидные устройства? Каким образом изготавливают ячейки для микрофлюидного анализа? Каким образом организованы прокачка растворов, их смешение и введение проб в микрофлюидных устройствах? Каковы преимущества микрофлюидных устройств по сравнению со стандартными электрохимическими ячейками? Каким образом микрофлюидные устройства используются в медицине и в биосенсорике?

В чем различие проточно-инжекционного и непрерывного проточного анализа? Каковы требования к электродам для проточного анализа? Конструкции ячеек: тонкослойные ячейки, ячейка типа "поток на стенку". От чего зависит сигнал вольтамперометрических сенсоров в проточных вариантах анализа?

Что такое прямой и обратный пьезоэффект? Что такое АТ-срез кварца. используемый для изготовления пьезосенсоров? Каково назначение возбуждающих электродов? Какие химические соединения обладают пьезоэффектом? В каких случаях применимо уравнение Зауэрбрея? Что такое режим измерения deep-and-dry? Каким образом можно проводить измерения в жидкостях и как модифицировать для этого уравнение Зауэрбрея? Как меняется чувствительность сигнала пьезосенсора при увеличении собственной резонансной частоты кристалла? Что такое срыв пьезоэффекта и когда он наблюдается?

Что включает в себя понятие "механизм электродной реакции"? Что такое лимитирующая стадия процесса применительно к электродным реакциям? Что может являться продуктом переноса электрона? Зачем знать механизм электродной реакции? Каков нижний предел константы скорости переноса электрона, отвечающей обратимому процессу? В чем различие понятий квазиобратимый и необратимый электродный процесс? Для каких условий справедливо уравнение Лавирона? Что можно использовать в качестве критерия обратимости? Как определить число ионов водорода, переносимых в реакции? Что можно сделать для улучшения разрешения плохо разрешенных пиков, отвечающих независимому окислению (восстановлению) веществ? Как установить поверхностную концентрацию деполяризатора? С чем связано допущение о равенстве коэффициентов диффузии распространенных деполяризаторов?

## 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 8</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	30
Дискуссия	На занятии преподаватель формулирует проблему, не имеющую однозначного решения. Обучающиеся предлагают решения, формулируют свою позицию, задают друг другу вопросы, выдвигают аргументы и контраргументы в режиме дискуссии. Оцениваются владение материалом, способность генерировать свои идеи и давать обоснованную оценку чужим идеям, задавать вопросы и отвечать на вопросы, работать в группе, придерживаться этики ведения дискуссии.	2	20
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2 т. / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша [и др.]; вступ. ст. акад. РАН Ю.А. Золотова.- Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.; 25[Т.] 1. - 2013. - 623 с.
2. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2 т. / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша [и др.]; вступ. ст. акад. РАН Ю.А. Золотова.- Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.; 25[Т.] 2. - 2013. - 504 с.
- 3.Основы биосенсорики: учеб. пособие / Г. А. Евтугин, Г. К. Будников, Е. Е. Стойкова; Казан. гос. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова.?Казань, 2007. - 80 с. Режим доступа: <http://libweb.kpfu.ru/ebooks/publicat/0-766808.pdf>
4. Лисицын, Ю.А. Методические разработки к общему практикуму по электрохимии : для студентов Химического института : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын] ; Казан. федер. ун-т .? Казань : [Казанский (Приволжский) федеральный университет], 2012 . - 74 с.
5. Электрохимические процессы в технологии микро- и наноэлектроники: Уч. пос./ А.С. Гаврилов, А.Н. Белов. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 240 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-369-01299-4  
Режим доступа:  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=431359>

6.Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. пос. [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек и др. - 2-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 542 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=419626>

7.Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 206 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=399829>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Слепушкин, В.В. Локальный электрохимический анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Слепушкин, Ю.В. Рублинецкая. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 312 с.Режим доступа:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2324](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2324)

2. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: Учебное пособие / М.Г. Киселев и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 389 с. Режим доступа:  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=441209>

3. Методические разработки к практикуму по физической и коллоидной химии : для студентов Института фундаментальной медицины и биологии : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын и др. ; науч. ред. д.х.н., проф. Б. Н. Соломонов] ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова, Каф. физ. химии . - Казань : [Казанский университет], 2013 . - 105, [3] с.

4. Методические разработки к практикуму по физической и коллоидной химии [Текст: электронный ресурс] : для студентов Института фундаментальной медицины и биологии : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын, М. А. Зиганшин, В. А. Сироткин, Л. З. Манапова ; науч. ред. д.х.н., проф. Б. Н. Соломонов] ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. Н. Бутлерова, Каф. физ. химии . Электронные данные (1 файл: 2,4 Мб) . - (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) . - Загл. с экрана . - Для 2-го и 4-го семестров . - Режим доступа: только для студентов и сотрудников КФУ. Оригинал копии: Методические разработки к практикуму по физической и коллоидной химии : для студентов Института фундаментальной медицины и биологии : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын и др. ; науч. ред. д.х.н., проф. Б. Н. Соломонов] ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова, Каф. физ. химии . - Казань : [Казанский университет], 2013 . - 105, [3] с.

Режим доступа: [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/07-ICH/07\\_054\\_A5-000445.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/07-ICH/07_054_A5-000445.pdf)

5 . Будников, Г.К. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине [Электронный ресурс] / Г.К. Будников, Г.А. Евтушин, В.Н. Майстренко. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 419 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90273>

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

Интернет-университет современных технологий. Курс - <http://www.intuit.ru/department/hardware/intsensors/>

Новые справочники по аналитической химии. Проточно-инжекционный анализ -  
[http://chemanalytica.com/book/novyy\\_spravochnik\\_khimika\\_i\\_tekhnologa/03\\_analiticheskaya\\_khimiya\\_chast\\_II/4990](http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/03_analiticheskaya_khimiya_chast_II/4990)

Сайт полезной информации по химии - <http://khimie.ru/>

Сайт разработчика DigiSim - обучение интерфейсу программы - <http://www.basinc.com/products/ec/digisim/tutorials/>

Химический портал ChemPort. Раздел - <http://www.chemport.ru/electrochemistry.shtml>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. 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.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает: - чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; - знакомство с Интернет-источниками; - подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы, коллоквиумы); - подготовку и написание рефератов; - 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. 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. При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы.

Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	<p>Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины. Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенный для самостоятельного изучения. Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы: 1. закрепление полученных ранее теоретических знаний; 2. выработка навыков самостоятельной работы; 3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе. Контрольные выполняются студентами в аудитории, под наблюдением преподавателя. Тема контрольной работы известна и проводится она по сравнительно недавно изученному материалу. Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя. Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, четко и логично излагать свои мысли. Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.</p>
дискуссия	<p>Перед дискуссией необходимо проработать конспекты лекций по темам, рекомендованным преподавателем, дополнительную литературу и источники Интернета. Преподаватель вправе предоставить слушателям темы дискуссии или оставить их оглашение непосредственно на занятие. При выступлении на дискуссии необходимо отвечать точно, ясно и по вопросу. Время ответа ограничено. При возникновении любых неясностей преподаватель должен наводящими вопросами вернуть дискуссию в конструктивное русло. поощряется выступление нескольких студентов и обсуждение нескольких версий ответа с целью проверки владения фактическим материалом, умения логично мыслить, излагать и защищать свои взгляды, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве информации. В процессе дискуссии допускается пользование конспектами лекций с разрешения преподавателя. Оценке также подлежат правильность и грамотность речи студента</p>
зачет	<p>Зачет как форма промежуточного контроля и организации обучения служит приемом проверки степени усвоения учебного материала и лекционных занятий, качества усвоения обучающимися отдельных разделов учебной программы, сформированных умений и навыков. Зачет проводится устно или письменно по решению преподавателя, в объеме учебной программы. Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы, помогающие выяснить степень знаний обучающегося в пределах учебного материала, вынесенного на зачет. В период подготовки к зачету обучающиеся вновь обращаются к пройденному учебному материалу. При этом они не только закрепляют полученные знания, но и получают новые. Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем. Зачет в письменной форме проводится по билетам/тестам, охватывающим весь пройденный по данной теме материал. По окончании ответа преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. На подготовку к ответу по вопросам билета/теста обучающемуся дается 30 минут с момента получения им билета/теста. Результаты зачета объявляются обучающемуся после проверки ответов.</p>

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

Освоение дисциплины "Избранные главы электрохимического анализа" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

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.

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

Освоение дисциплины "Избранные главы электрохимического анализа" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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 Intel Core 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.

## **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 специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации не предусмотрено .