

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. Талорский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Спецпрактикум: Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах Б1.В.ОД.16

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Неорганическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бухаров М.С. , Бычкова Т.И. , Зиятдинова А.Б.

**Рецензент(ы):**

Улахович Н.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Амиров Р. Р.

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 7104917

Казань  
2017

## 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) старший преподаватель, к.н. Бухаров М.С. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова , Mihail.Buharov@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Бычкова Т.И. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова , Tamara.Buchkova@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Зиятдинова А.Б. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова , Anna.Ziyatdinova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) спецпрактикума: Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах (оптические, электрохимические, радиоспектроскопические, магнетохимические) являются ознакомление студентов с теоретическими положениями и основными приемами исследования реакций комплексообразования в растворах при использовании указанных методов; анализ экспериментальных данных для получения информации о составе, устойчивости и строении координационных соединений в растворах.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.16 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.03.01 Химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Спецпрактикум: Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах (оптические, электрохимические, радиоспектроскопические, магнетохимические) относится к вариативной части блока дисциплин и тесно связана с общими математическими, естественно-научными дисциплинами и общепрофессиональными дисциплинами. Освоение этой дисциплины требует предварительной физико-математической подготовки по широкому спектру курсов, читаемых в Химическом институте им. А.М. Бутлерова в необходимом объеме (физика, математика, неорганическая химия, физическая химия. аналитическая химия, координационная химия). По отношению к этим курсам 'Спецпрактикум: Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах (оптические, электрохимические, радиоспектроскопические, магнетохимические)' выступают как последующая, интегральная, междисциплинарная дисциплина.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	знанием норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов
ПК-7 (профессиональные компетенции)	владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать физическую сущность явлений, лежащих в основе указанных методов и связь с химическими процессами (с числом и составом образующихся частиц в растворе).

2. должен уметь:

уметь ориентироваться в возможностях и ограничениях используемых методов для аналитических целей и для исследования реакций комплексообразования.

3. должен владеть:

владеть теоретическими знаниями, позволяющими установить взаимосвязь между методами расчета состава и концентраций в растворе и их оптическими, электрохимическими, радиоспектроскопическими характеристиками.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

демонстрировать способность и готовность работы на спектрофотометрах, потенциометрах, pH-метрах, релаксометрах, демонстрировать постановки эксперимента при изучении реакций комплексообразования, выбор метода расчета и интерпретации полученных результатов с использованием указанных методов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 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. Знакомство с устройством потенциометра. Компенсационная схема измерения эдс. Определение потенциалов электродов сравнения (каломельного, хлорсеребряного).	7	1	0	0	6	
2.	Тема 2. Определение состава и устойчивости комплексов методом измерения потенциалов металлических электродов.	7	2	0	0	6	
3.	Тема 3. Определение окислительно-восстановительного потенциала электрода; состава и устойчивости комплексов методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.	7	3,4	0	0	8	
4.	Тема 4. Определение состава и устойчивости разнолигандных комплексных соединений.	7	5	0	0	6	
5.	Тема 5. рН-метрический метод исследования равновесий. Приготовление буферных растворов	7	6	0	0	4	
6.	Тема 6. Определение концентрационных констант диссоциации слабых кислот и оснований.	7	7	0	0	4	
7.	Тема 7. Определение состава и устойчивости комплексов методом рН метрического титрования.	7	8	0	0	6	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Правила работы с оптическими приборами Схемы работы приборов. Приготовление рабочих растворов. Выбор оптимальных концентраций ионов металлов, лигандов, рН при СФ-исследовании комплексов.	7	9	0	0	6	
9.	Тема 9. Снятие спектра поглощения исследуемого комплекса, выбор рабочей длины волны, светофильтра. Проверка подчинения исследуемой системы закону Бееера.	7	10	0	0	8	
10.	Тема 10. Определение состава комплекса по методу изомольных серий.	7	11	0	0	8	
11.	Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексного соединения по методу сдвига равновесия.	7	1	0	0	8	
12.	Тема 12. Определение устойчивости комплексных соединений при ступенчатом комплексообразовании.	7	2	0	0	10	
13.	Тема 13. СФ-определение констант диссоциации органических реагентов.	7	3	0	0	6	
14.	Тема 14. Правила работы в лаборатории физико-химических методов исследования.	7	4	0	0	6	
15.	Тема 15. Подготовка образцов растворов для определения времен релаксации пара-магнитных солей.	7	5	0	0	6	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
16.	Тема 16. Анализ образцов исследуемых равновесных систем на релаксометре ЯМР	7	6	0	0	6	
17.	Тема 17. Исследование зависимости скорости релаксации протонов в растворах исследуемого пара-магнитного центра от молярной концентрации последнего.	7	7	0	0	6	
18.	Тема 18. Изучение состава и устойчивости мооядерного комплексного соединения по методу сдвига равновесия по релаксационным данным.	7	8	0	0	6	
19.	Тема 19. Изучение многоядерных равновесных систем методом ЯМ-релаксации	7	9	0	0	6	
20.	Тема 20. Определение магнитной восприимчивости методом вискозиметра	7	10	0	0	5	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			0	0	127	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Знакомство с устройством потенциометра. Компенсационная схема измерения эдс** Определение потенциалов электродов сравнения (каломельного, хлорсеребряного).

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Потенциометрический метод исследования равновесий в растворах. Гальванические цепи. Электродные потенциалы. Уравнение Нернста. Определение потенциалов электродов сравнения

**Тема 2. Определение состава и устойчивости комплексов методом измерения потенциалов металлических электродов.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Индикаторные электроды. Зависимость потенциала индикаторного электрода от температуры, фонового электролита. Компенсационная схема измерения эдс. Изучение комплексных соединений  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$ .

**Тема 3. Определение окислительно-восстановительного потенциала электрода; состава и устойчивости комплексов методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Окислительно-восстановительные системы. Окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ . Изучение комплексных соединений  $\text{Fe}^{3+}$  со фторид-ионами.

**Тема 4. Определение состава и устойчивости разнолигандных комплексных соединений.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Изучение разнолигандных комплексных соединений  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$ .

**Тема 5. pH-метрический метод исследования равновесий. Приготовление буферных растворов**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Приготовление буферных растворов и измерение pH буферных растворов.

**Тема 6. Определение концентрационных констант диссоциации слабых кислот и оснований.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Определение pH-метрическим методом констант диссоциации слабых кислот (муравьиной, уксусной, молочной, щавелевой) слабых оснований (аммиака, этилендиамина).

**Тема 7. Определение состава и устойчивости комплексов методом pH метрического титрования.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Определение pH-метрическим методом состава и констант устойчивости аммиачных комплексов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и др.

**Тема 8. Правила работы с оптическими приборами Схемы работы приборов. Приготовление рабочих растворов. Выбор оптимальных концентраций ионов металлов, лигандов, pH при СФ-исследовании комплексов.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Расчет оптимальных концентраций растворов в спектрофотометрии. Приготовление рабочих растворов. Выбор светофильтра при работе на фотоэлектроколориметрах или длины волны при работе на СФ для комплексов меди(II) с нитрозо-R-солью; комплексов цинка(II), никеля(II), алюминия(III) с ксиленоловым оранжевым; меди(II) с этилендиамином.

**Тема 9. Снятие спектра поглощения исследуемого комплекса, выбор рабочей длины волны, светофильтра. Проверка подчинения исследуемой системы закону Бееера.**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Проверка подчинения комплексов основному закону светопоглощения. Определение концентрации неизвестного раствора (на примере комплексов меди(II) с нитрозо-R-солью; комплексов цинка(II), никеля(II), алюминия(III) с ксиленоловым оранжевым; меди(II) с этилендиамином).

**Тема 10. Определение состава комплекса по методу изомолярных серий.**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Определение состава комплексов по методу изомолярных серий: (медь (II)-трилон Б, железо (III) ?сульфосалициловая, салициловая кислоты).

**Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексного соединения по методу сдвига равновесия.**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Определение состава и устойчивости комплексов по методу сдвига равновесия: (железо(III)-сульфосалициловая, салициловая кислоты, цинк (II), никель (II), алюминий(III) - ксиленоловый оранжевый).



## **Тема 12. Определение устойчивости комплексных соединений при ступенчатом комплексообразовании.**

### **лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Определение состава и устойчивости комплексов при ступенчатом комплексообразовании по методу соответственных растворов (медь (II)-нитрозо-R-соль).

## **Тема 13. СФ-определение констант диссоциации органических реагентов.**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Определение констант кислотной диссоциации окрашенных органических реагентов: (нитрозо-R-соль, метилоранж, тимоловый синий, 1-нитрозо-2-нафтол).

## **Тема 14. Правила работы в лаборатории физико-химических методов исследования.**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Приготовление рабочих растворов. парамагнитных солей и сопутствующих реагентов ( растворы кислот и оснований).

## **Тема 15. Подготовка образцов растворов для определения времен релаксации пара-магнитных солей.**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Ядерный магнитный резонанс -теория и практика. Ядерные магнитные моменты. Магнитная восприимчивость. Уровни энергии ядерного момента в магнитном поле. Распределение ядерных спинов в магнитном поле. Время спин ? решеточной релаксации. Магнитное резонансное поглощение.

## **Тема 16. Анализ образцов исследуемых равновесных систем на релаксметре ЯМР**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Релаксация ядер в чистых жидкостях. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей. Подготовка образцов для определения времен спин спиновой релаксаии растворов пара-магнитных солей ионов железа (III)

## **Тема 17. Исследование зависимости скорости релаксации протонов в растворах исследуемого пара-магнитного центра от молярной концентрации последнего.**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Исследование зависимости скорости релаксации протонов в водных растворах исследуемого парамаг-нитного центра от молярной концен-трации

## **Тема 18. Изучение состава и устойчивости моноядерного комплексного соединения по методу сдвига равновесия по релаксационным данным.**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Определение состава и устойчивости моноядерного комплексного соединения по методу сдвига равновесия по релаксационным данным.

## **Тема 19. Изучение многоядерных равновесных систем методом ЯМ-релаксации**

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Описание многоядерных равновесных систем систем методом ЯМ-релаксации

## **Тема 20. Определение магнитной восприимчивости методом вискозиметра**

### **лабораторная работа (5 часа(ов)):**

Определение магнитной восприимчивости методом вискозиметра

## **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
1.	Тема 1. Знакомство с устройством потенциометра. Компенсационная схема измерения эдс. Определение потенциалов электродов сравнения (каломельного, хлорсеребряного).	7	1	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Определение состава и устойчивости комплексов методом измерения потенциалов металлических электродов.	7	2	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. Определение окислительно-восстановительного потенциала электрода; состава и устойчивости комплексов методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.	7	3,4	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
4.	Тема 4. Определение состава и устойчивости разнолигандных комплексных соединений.	7	5	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
5.	Тема 5. рН-метрический метод исследования равновесий. Приготовление буферных растворов	7	6	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Определение концентрационных констант диссоциации слабых кислот и оснований.	7	7	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
7.	Тема 7. Определение состава и устойчивости комплексов методом рН метрического титрования.	7	8	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Правила работы с оптическими приборами Схемы работы приборов. Приготовление рабочих растворов. Выбор оптимальных концентраций ионов металлов, лигандов, pH при СФ-исследовании комплексов.	7	9	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
9.	Тема 9. Снятие спектра поглощения исследуемого комплекса, выбор рабочей длины волны, светофильтра. Проверка подчинения исследуемой системы закону Бееера.	7	10	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
10.	Тема 10. Определение состава комплекса по методу изомольярных серий.	7	11	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
11.	Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексного соединения по методу сдвига равновесия.	7	1	подготовка домашнего задания	5	домашнее задание
12.	Тема 12. Определение устойчивости комплексных соединений при ступенчатом комплексообразовании.	7	2	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
13.	Тема 13. СФ-определение констант диссоциации органических реагентов.	7	3	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
14.	Тема 14. Правила работы в лаборатории физико-химических методов исследования.	7	4	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
15.	Тема 15. Подготовка образцов растворов для определения времен релаксации пара-магнитных солей.	7	5	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
16.	Тема 16. Анализ образцов исследуемых равновесных систем на релаксометре ЯМР	7	6	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
17.	Тема 17. Исследование зависимости скорости релаксации протонов в растворах исследуемого пара-магнитного центра от молярной концентрации последнего.	7	7	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
18.	Тема 18. Изучение состава и устойчивости моноядерного комплексного соединения по методу сдвига равновесия по релаксационным данным.	7	8	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
19.	Тема 19. Изучение многоядерных равновесных систем методом ЯМ-релаксации	7	9	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
20.	Тема 20. Определение магнитной восприимчивости методом вискозиметра	7	10	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				89	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины спецпрактикум "Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах" предполагает использование как традиционных (практические занятия с использованием методических материалов), так и инновационных образовательных технологий с использованием в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

- интерактивный опрос по разделам на лабораторных работах;
- разбор конкретных вопросов после интерактивного опроса;
- разбор конкретной ситуации: "Использование ЯМР-метода для исследования комплексообразования";
- разбор конкретной ситуации: "Использование потенциметрического метода для исследования комплексообразования";
- разбор конкретной ситуации: "Использование оптических методов для исследования комплексообразования".

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

### **Тема 1. Знакомство с устройством потенциометра. Компенсационная схема измерения эдс. Определение потенциалов электродов сравнения (каломельного, хлорсеребряного).**

домашнее задание , примерные вопросы:

Устройство потенциометра. Электроды сравнения: каломельные, хлорсеребряный, ртутносulfатный. Хингидронный электрод. Определение потенциалов электродов сравнения.

### **Тема 2. Определение состава и устойчивости комплексов методом измерения потенциалов металлических электродов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Потенциометрическое изучение комплексных соединений серебра(I), меди(I).

### **Тема 3. Определение окислительно-восстановительного потенциала электрода; состава и устойчивости комплексов методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Потенциометрическое изучение комплексных соединений железа(III) со фторид-ионами.

Определение состава и устойчивости фторидных комплексов железа(III).

### **Тема 4. Определение состава и устойчивости разнолигандных комплексных соединений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Определение состава и устойчивости гетеролигандных комплексных соединений (сульфитно-хлоридные комплексы меди(1), тиомочевинно-бромидные комплексы меди (1)).

### **Тема 5. pH-метрический метод исследования равновесий. Приготовление буферных растворов**

домашнее задание , примерные вопросы:

pH-метрический метод исследования равновесий в растворах. Приготовление ацетатных буферных смесей, аммиачных буферных смесей, фосфатных буферных смесей. Приготовление буферных смесей изборной кислоты и буры.

### **Тема 6. Определение концентрационных констант диссоциации слабых кислот и оснований.**

домашнее задание , примерные вопросы:

pH-метрическое определение констант диссоциации муравьиной, уксусной, щавелевой кислот и аммиака.

### **Тема 7. Определение состава и устойчивости комплексов методом pH метрического титрования.**

домашнее задание , примерные вопросы:

pH-метрическое определение состава и констант устойчивости аммиакатов меди(II), никеля(II).

### **Тема 8. Правила работы с оптическими приборами. Схемы работы приборов. Приготовление рабочих растворов. Выбор оптимальных концентраций ионов металлов, лигандов, pH при СФ-исследовании комплексов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Порядок работы на спектрофотометре и фотоколориметре. Выбор оптимальных концентраций ионов металла, лиганда и pH рабочих растворов. Представление результатов спектрофотометрического исследования в виде спектра поглощения. Определение молярного коэффициента поглощения при длине волны, отвечающей максимуму оптической плотности раствора.

### **Тема 9. Снятие спектра поглощения исследуемого комплекса, выбор рабочей длины волны, светофильтра. Проверка подчинения исследуемой системы закону Бера.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Электронные спектры поглощения. Природа спектров поглощения. Основной закон светопоглощения. Проверка подчинения исследуемой системы закону Бееера. Проработать гл.3 учебно-методического пособия "Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах" Сапрыковой З.А., Боос Г.А., Захарова А.В. Казань, изд-во КГУ, 1988. Проработать гл.3 учебно-методического пособия "Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах" Сапрыковой З.А., Боос Г.А., Захарова А.В. Казань, изд-во КГУ, 1988. Проработать гл.3 учебно-методического пособия "Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах" Сапрыковой З.А., Боос Г.А., Захарова А.В. Казань, изд-во КГУ, 1988.

#### **Тема 10. Определение состава комплекса по методу изомолярных серий.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Выбор оптимальных условий изучения равновесий реакций комплексообразования. Метод изомолярных серий. Проработать гл.3 учебно-методического пособия "Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах" Сапрыковой З.А., Боос Г.А., Захарова А.В. Казань, изд-во КГУ, 1988

#### **Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексного соединения по методу сдвига равновесия.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Метод сдвига равновесий. Основы метода.

#### **Тема 12. Определение устойчивости комплексных соединений при ступенчатом комплексообразовании.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Определение ступенчатых и общих констант устойчивости аммиакатов никеля(II), цинка(II), кадмия(II).

#### **Тема 13. СФ-определение констант диссоциации органических реагентов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Спектрофотометрическое определение равновесных констант диссоциации лигандов - органических слабых кислот.

#### **Тема 14. Правила работы в лаборатории физико-химических методов исследования.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Основы метода ЯМР. Понятие о временах релаксации. Знакомство с приборами ЯМР-релаксометр ( миниспек-2). Приготовление рабочих растворов парамагнитных солей и сопутствующих реагентов (растворы кислот и оснований).

#### **Тема 15. Подготовка образцов растворов для определения времен релаксации пара-магнитных солей.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Планирование эксперимента и методика приготовления образцов исследуемых равновесных систем.

#### **Тема 16. Анализ образцов исследуемых равновесных систем на релаксометре ЯМР**

домашнее задание , примерные вопросы:

Экспериментальное наблюдение ЯМР. Методы измерения времен релаксации.

#### **Тема 17. Исследование зависимости скорости релаксации протонов в растворах исследуемого пара-магнитного центра от молярной концентрации последнего.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Времена релаксации в растворах парамагнитных ионов. Уравнения Бломбергера-Соломона

#### **Тема 18. Изучение состава и устойчивости моноядерного комплексного соединения по методу сдвига равновесия по релаксационным данным.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Влияние комплексообразования на скорости релаксации. Связь коэффициента релаксационной эффективности с равновесными параметрами комплексной частицы в растворе.

## **Тема 19. Изучение многоядерных равновесных систем методом ЯМ-релаксации**

домашнее задание , примерные вопросы:

Магнитные свойства моно- и полиядерных комплексных соединений. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.

## **Тема 20. Определение магнитной восприимчивости методом вискозиметра**

контрольная работа , примерные вопросы:

Билеты к контрольной работе приведены в разделе "Прочее"

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

**БИЛЕТЫ** к контрольной работе по "оптике"

Билет 1

1. Абсорбционный метод исследования (СФ-метрия, фотоколориметрия) - для каких систем применяется (гомогенных, гетерогенных, окрашенных, неокрашенных)?
2. С чем связано возникновение окраски в водных растворах при подкислении соединений ванадия (V)?
3. Как влияет повышение рН на состав образующихся комплексов, если лиганд - слабая многоосновная кислота?

Билет 2

1. Одинаковы ли оптические характеристики входящего и выходящего световых потоков в абсорбционном методе, в методах нефелометрии, турбидиметрии?
2. С чем связана окраска соединений ванадия (IV)?
3. СФ- определение константы диссоциации окрашенных реагентов.

Билет 3

1. Оптические характеристики окрашенного вещества. Влияние комплексообразования.
2. Что такое термы? Основной терм для иона марганца(II).
3. Будут ли окрашены соединения марганца(II) ?

Билет 4

1. Как возникает восприятие цвета? Спектральный цвет, дополнительный цвет. Черное вещество, белое вещество.
2. Что такое связь Рассела Саундерса (LS) ?
3. Метод сдвига равновесий- для каких целей применяется, ограничения метода.

Билет 5

1. Какие оптические характеристики могут меняться при комплексообразовании? Батохромный, гипсохромный сдвиги.
2. Основной терм для рения(VI). Окрашены ли соединения рения(VI)?
3. Что такое изобестические точки - о чем свидетельствует их появление?

Билет 6

1. Как энергия излучения связана с длиной волны? Единицы измерения длины волны. Что такое частота излучения, волновое число? Диапазон длин волн видимого излучения.
2. Как объясняют окраску перманганат- иона?
3. В каких случаях при комплексообразовании используют вторичные концентрационные переменные? Функция образования ( $n$ ) - как записывается, физический смысл?

Билет 7

1. Основной закон светопоглощения. Дайте пояснения обозначениям. Что значит- окрашенная система подчиняется закону БЛБ ?
2. Какие растворы называются изомолярными? Для каких целей и в каких случаях может быть применен метод изомолярных серий (метод Жоба)?

3. В каких случаях для объяснения окраски соединений применяют теорию кристаллического поля? Приведите примеры.

Билет 8

1. Что значит - в системе наблюдается отклонение от закона БЛБ и почему это может иметь место?
2. Чувствительность спектрофотометрической реакции - чем определяется?
3. Основной терм для марганца (III)? Окрашены ли соединения марганца (III) и почему?

Билет 9

1. Что такое спектр поглощения? Характеристики спектра, что они отражают?
2. Параметр расщепления - от каких факторов зависит?
3. Функция образования (Бьеррума) - в каких случаях используется при расчетах параметров комплексообразования ?

Билет 10

1. Молярный коэффициент поглощения. Физический смысл, размерность, от каких факторов зависит?
2. Правила отбора.
3. Правила отбора "запрещают" электронные переходы в соединениях марганца(II).Как объясняют слабозеленую окраску кристаллогидратов солей марганца(II)?

Билет ♦ 11

- 1.Исследование процессов комплексообразования методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.
- 2.Адсорбционные явления на ртутном капельном электроде.
- 3.Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод соответственных растворов.

Билет ♦ 12

- 1.Ионселективные электроды.
- 2.Металл-комплексные электроды.
- 3.Методы определения состава и устойчивости, комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод Ледена.

Билет ♦ 13

- 1.Электроды первого рода. Кислородный электрод.
- 2.Уравнение обратимой полярографической волны.
- 3.Стеклоэлектрод.

Билет ♦ 14

- 1.Факторы искажающие форму полярографических кривых.
- 2.Потенциометрическое определение равновесной концентрации иона металла.
- 3.Полярографический метод исследования. Общая характеристика полярографической волны.

Билет ♦ 15

- 1.Основные понятия электрохимии: электрод, гальванический элемент, ЭДС гальванического элемента, обратимый электрод.
- 2.Метод Бьеррума.
- 3.Определение кислотности в неводных средах.

Билет ♦ 16

- 1.Исследование комплексообразования в системах с разнородными лигандами (определение состава и устойчивости).
- 2.Кинетические токи в полярографии.
3. Кислотность растворов. Функция кислотности Гаммета

Билет ♦ 17



- 1.Металл-оксидные электроды. Сурьмяный электрод.
- 2.Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод Яцимирского.
- 3.Метод наименьших квадратов.

Билет ♦ 18

- 1.Анодные и катодные волны в полярографии. Уравнение Ильковича. Критерии обратимости электродных процессов.
- 2.Магнитные свойства ядер.
- 3.Ядерный резонанс.

Билет ♦ 19.

- 1.Магнитные свойства моно- и полиядерных комплексных соединений.
- 2.Метод Гуи.
- 3.Поведение ядерного магнитного момента в магнитном поле.

Билет ♦ 20

1. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости
2. Релаксация ядер в парамагнитных жидкостях
3. Поведение ансамбля ядерных спинов в магнитном поле

Билет ♦ 21

1. Планирование эксперимента и методика приготовления образцов исследуемых равновесных систем
2. Экспериментальные основы метода ЭПР.
3. Магнитные свойства парамагнитных солей в растворах.

Примеры билетов к зачету

Билет 1

- 1.Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости
2. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.
3. Ионселективные электроды.

Билет ♦ 2.

- 1.Что такое терм? Вывод термов для атома или иона конфигурации  $d^2$ . Приведите примеры атомов ( ионов), имеющих такую конфигурацию.
- 2.Определение устойчивости комплексных соединений при ступенчатом комплексообразовании.
- 3.Поведение ансамбля ядерных спинов в магнитном поле

Билет ♦ 3

- 1.Закон Ламберта-Бугера-Бера. Причины отклонения от закона в растворах.
- 2.Диаграммы Оргела для ионов конфигурации  $d^2$  в слабых полях лигандов. Правила отбора.
3. Методы определения состава и устойчивости, комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод Ледена.

Билет ♦ 4

1. Анодные и катодные волны в полярографии. Уравнение Ильковича. Критерии обратимости электродных процессов.
2. Метод Гуи.
3. Правила отбора "запрещают" электронные переходы в соединениях марганца(II).Как объясняют слабозеленую окраску кристаллогидратов солей марганца(II)?

### 7.1. Основная литература:

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия [Электронный ресурс] : учебник. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2014. ? 744 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50684](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50684)
2. Белюстин, А.А. Потенциометрия: физико-химические основы и применения [Электронный ресурс] : учебное пособие. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. ? 334 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=60646](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60646)
3. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. ? 671 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=58166](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58166)
4. Федотов М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости [Электронный ресурс]. . - М.: Физматлит, 2010. - 384 с.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2151](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2151)
5. Патрушева Т.Н. Сенсорика. Современные технологии микро- и нанoeлектроники: Учебное пособие [Электронный ресурс]. / Т.Н. Патрушева; Министерство образования и науки РФ. Сибирский федеральный университет. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. - 260 с.  
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=374604>
6. Каратаева, Ф.Х. Спектроскопия ЯМР в органической химии: [учебное пособие] / Ф. Х. Каратаева, В. В. Клочков. ? Казань: Казанский университет, 2013. ?; 21.Ч. 1: Общая теория ЯМР. Химические сдвиги  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ . ? 2013. ? 130 с.
7. Каратаева Ф.Х., Клочков В.В. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. 2013. Подробности: [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=68614](http://kpfu.ru/publication?p_id=68614)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Неорганическая химия: в 3 т.: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510500 'Химия' и специальности 011000 'Хими' / [А. А. Дроздов, Ю. Д. Третьяков]; под. ред. Ю. Д. Третьякова. Москва: Академия, 2004- Т.1: Физико-химические основы неорганической химии. 2004. - 233с.
2. Комплексы металлов : учебное пособие для лекционного курса 'Химия комплексных соединений'. Казань : [Казанский университет], 2014. - 97 с.
3. Киселев Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений. - М.: Академия, 2007. - 352 с.
4. Спектрофотометрический метод исследования процессов комплексообразования в водных растворах и организованных средах: учебное пособие. Казань: [б. и.], 2009.-49 с.
5. Каратаева, Ф.Х. Спектроскопия ЯМР в органической химии / Ф. Х. Каратаева, В. В. Клочков ; Казан. гос. ун-т, Хим. ин-т им А.М. Бутлерова, Науч.-образоват. центр Казан. гос. ун-та 'Материалы и технологии XXI века'. Казань: Казанский государственный университет, 2007. - 154 с.
6. Будников, Г.К. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине [Электронный ресурс] : / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин, В.Н. Майстренко. ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2013. ? 417 с. ?  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3159](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3159)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Алексеев В. М. и др. Сборник задач по оптимизации: Теория, примеры, задачи - <http://www.krelib.com/matematika/1466>

Блументаль Г. Анорганикум: В 2-х т. Т. 2 - [http://krelib.com/obshaja\\_i\\_neorganicheskaja\\_himija/3319](http://krelib.com/obshaja_i_neorganicheskaja_himija/3319)

Единое окно доступа к образовательным ресурсам - <http://window.edu.ru/>

Каталог ссылок на химические ресурсы России и зарубежья - <http://www.chemport.ru>

Ф.Х. Каратаева, В.В. Клочков. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть 1. Общая теория ЯМР. Химические сдвиги  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ . Казань: Издательство Казанского университета, 2013. ? 132 с. - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=44583](http://kpfu.ru/publication?p_id=44583)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Спецпрактикум: Физико-химические методы исследования координационных соединений в растворах" 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.

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.

Дисциплина обеспечена потенциометрами, спектрофотометрами, ЯМР-спектрометром, компьютерами, проекционной техникой, учебниками и Интернет-ресурсами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 04.03.01 "Химия" и профилю подготовки Неорганическая химия .

Автор(ы):

Бычкова Т.И. \_\_\_\_\_

Зиятдинова А.Б. \_\_\_\_\_

Бухаров М.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.