

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. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Методы исследования координационных соединений в растворах С3.В.5

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Неорганическая химия

Квалификация выпускника: специалист

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Амирова Л.М. , 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 73918

Казань  
2018

## 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) Амирова Л.М. ; доцент, к.н. (доцент) Бычкова Т.И. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова , Tamara.Vuchkova@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

- 1) ознакомление студентов с теоретическими положениями и основными приемами исследования реакций комплексообразования в растворах при использовании оптических, электрохимических, радиоспектроскопических и магнетохимических методов;
- 2) усвоение фундаментальных концепций химии координационных соединений;
- 3) развитие навыков решения практических задач в области химии комплексных соединений.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " С3.В.5 Профессиональный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к вариативной части. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин и тесно связана с общими математическими и естественно-научными дисциплинами. Освоение этой дисциплины требует предварительной математической и общехимической подготовки по курсам, читаемых в Химическом институте им. А.М. Бутлерова в необходимом объеме.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	владеет навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов
ПК-7 (профессиональные компетенции)	имеет опыт работы на серийной аппаратуре, применяемой в аналитических и физико-химических исследованиях
ПК-8 (профессиональные компетенции)	владеет методами регистрации и обработки результатов химически экспериментов

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:  
теоретические основы используемых методов;  
количественные методы расчета констант равновесий по экспериментальным данным;  
схемы и принципы действия приборов.

2. должен уметь:

анализировать экспериментальные результаты и делать обобщенные выводы.

3. должен владеть:

экспериментальными навыками работы на приборах.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать способность анализировать экспериментальные результаты и делать обобщенные выводы. Демонстрировать знание схем и принципы действия приборов используемых методов; демонстрировать экспериментальными навыками работы на приборах; демонстрировать количественные методы расчета констант равновесий по экспериментальным данным.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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. Задачи и возможности оптических методов исследования.	7	1	2	0	0	Письменное домашнее задание
1.	Тема 1. Ядерный магнитный резонанс.	7	1	2	0	0	Письменное домашнее задание
1.	Тема 1. Теоретические основы электрохимии.	7	1	2	0	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Классификация электродов (первого и второго рода). Окислительно-восстановительные электроды.	7	2	2	0	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Классификация оптических методов исследования	7	2	2	0	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Ядерная магнитная релаксация.	7	2	2	0	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла. Металлкомплексные электроды.	7	3	2	0	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Переходные процессы и спиновое эхo.	7	3	2	0	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Электронные спектры поглощения.	7	3	2	0	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Типы электронных переходов в растворах металлокомплексов.	7	4	2	0	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений (Яцимирского, Ледена).	7	4	2	0	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.	7	4	2	0	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений	7	5	2	0	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Термы многоэлектронных атомов.	7	5	2	0	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.	7	5	2	0	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Методы расчёта состава и констант устойчивости гетеролигандных комплексных соединений.	7	6	2	0	0	Контрольная работа
6.	Тема 6. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.	7	6	2	0	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Диаграммы энергетических уровней Орбиталя и Танабе-Сугано.	7	6	2	0	0	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.	7	7	2	0	0	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Магнетохимия.	7	7	2	0	0	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Кислотность водных, водно-органических растворов.	7	7	2	0	0	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.	7	8	2	0	0	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Полярографический метод исследования.	7	8	2	0	0	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Связь между строением соединений и окраской.	7	8	2	0	0	Письменное домашнее задание
9.	Тема 9. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.	7	9	2	0	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Адсорбционные явления на ртутнокапельном электроде.	7	9	2	0	0	Письменное домашнее задание
9.	Тема 9. Оптические свойства окрашенных соединений в растворах.	7	9	2	0	0	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Методы измерения оптической плотности растворов.	7	10	2	0	0	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.	7	10	2	0	0	Письменное домашнее задание
11.	Тема 11. Спиновый гамильтониан и вид спектров ЭПР.	7	11	2	0	0	Письменное домашнее задание
11.	Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным.	7	11	2	0	0	Письменное домашнее задание
12.	Тема 12. Экспериментальные основы метода ЭПР.	7	12	2	0	0	Контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			64	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Задачи и возможности оптических методов исследования.

#### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Классификация методов. Цвет и спектр поглощения. Спектральный цвет. Дополнительный цвет. Батохромный и гипсохромные сдвиги. Типы взаимодействия света с веществом.

### Тема 1. Ядерный магнитный резонанс.

#### лекционное занятие (2 часа(ов)):

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. Переходные процессы и спиновое эхо.

### Тема 1. Теоретические основы электрохимии.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Двойной электрический слой, электродный потенциал, уравнение Нернста, гальванические цепи (с переносом и без переноса) диффузионный потенциал и способы его устранения.

**Тема 2. Классификация электродов (первого и второго рода).**

**Окислительно-восстановительные электроды.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Способы приготовления электродов. Типы электродов. Устройство электродов. Газовые электроды (кислородный, водородный), металлоксидные, амальгамные, окислительно-восстановительные, хингидронный, каломельные, хлорсеребряный, ионо-селективные. Стекланный электрод. Потенциал асимметрии. Определение потенциалов электродов.

**Тема 2. Ядерная магнитная релаксация.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Распределение ядерных спинов в магнитном поле. Время спин ? решеточной релаксации. Магнитное резонансное поглощение. Переходные процессы и спиновое эхо. Экспериментальные методы. Методики эксперимента..

**Тема 2. Классификация оптических методов исследования**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Дополнительный цвет. Батохромный и гипсохромные сдвиги. Типы взаимодействия света с веществом.

**Тема 3. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла. Металлкомплексные электроды.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла. Металлкомплексные электроды. Устройство элемента Вестона. Компенсационный метод измерения ЭДС.

**Тема 3. Переходные процессы и спиновое эхо.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Переходные процессы и спиновое эхо. Экспериментальные методы. Методики эксперимента..

**Тема 3. Электронные спектры поглощения.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Электронные спектры поглощения. Связь кривых потенциальной энергии с электронными спектрами, отнесение переходов. Силы осцилляторов. Типы электронных переходов по интенсивности. Переходы с переносом заряда.

**Тема 4. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений (Яцимирского, Ледена).**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений (Яцимирского, Ледена).

**Тема 4. Типы электронных переходов в растворах металлокомплексов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Спектры комплексов переходных металлов. Термы многоэлектронных атомов. Природа электронных переходов в комплексных соединениях, образованных ионами конфигурации d1, d2, d7, d8 в октаэдрических, тетраэдрических, тетрагональных полях лигандов. Правила отбора и интенсивности d-d ? переходов.

**Тема 4. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Ядерная магнитная релаксация. Релаксация ядер в чистых жидкостях.

**Тема 5. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**



Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений (Бьеррума, соответственных растворов).

#### **Тема 5. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.

#### **Тема 5. Термы многоэлектронных атомов.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Правила взаимного соответствия уровней расщепления. Два типа рядов лигандов-спектрохимический и нефелоксетический. Диаграммы энергетических уровней Оргела. Термы конфигураций слабого, сильного полей. Диаграммы Танабе-Сугано. Переходы с участием электронно-вырожденных термов. Расщепление Яна-Теллера. Данные о структуре, полученные из электронных спектров. Комплексы с переносом зарядов.

#### **Тема 6. Диаграммы энергетических уровней Оргела и Танабе-Сугано.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Правила взаимного соответствия уровней расщепления. Два типа рядов лигандов-спектрохимический и нефелоксетический. Диаграммы энергетических уровней Оргела. Термы конфигураций слабого, сильного полей. Диаграммы Танабе-Сугано. Переходы с участием электронно-вырожденных термов. Расщепление Яна-Теллера. Данные о структуре, полученные из электронных спектров. Комплексы с переносом зарядов.

#### **Тема 6. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях. Расчет констант равновесия по релаксационным данным.

#### **Тема 6. Методы расчёта состава и констант устойчивости гетеролигандных комплексных соединений.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Определение состава и устойчивости моноядерных однородных комплексов методом измерения окис-лительно-восстановительных потенциалов. Метод наименьших квадратов. Исследование комплексообразования в системах с разнородными лигандами.

#### **Тема 7. Кислотность водных, водно-органических растворов.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Кислотность водных, водно-органических растворов и способы ее определения. Функция Гаммета.

#### **Тема 7. Магнетохимия.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Магнетохимия. Уравнения Ван ? Флека.

#### **Тема 7. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Окрашенные реактивы в спектрофотометрии. Связь между строением соединений и окраской. Изменение оптических характеристик реагента при комплексообразовании.

#### **Тема 8. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.

#### **Тема 8. Связь между строением соединений и окраской.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Связь между строением соединений и окраской. Изменение оптических характеристик реагента при комплексообразовании. Смещение полосы поглощения, изменение оптической плотности растворов.

#### **Тема 8. Полярографический метод исследования.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Полярографический метод. Принцип метода. Общая характеристика полярографической волны и факторы искажающие ее форму. Максимумы первого и второго рода.

**Тема 9. Адсорбционные явления на ртутнокапельном электроде.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Диффузионные и кинетические токи. Адсорбционные волны. Разновидности полярографического метода. Уравнение обратимой полярографической волны.

**Тема 9. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости. Метод ЯМР. Магнитные свойства парамагнитных солей в растворах.

**Тема 9. Оптические свойства окрашенных соединений в растворах.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Оптические свойства окрашенных соединений в растворах. Спектры поглощения. Молярный коэффициент светопоглощения. Основной закон светопоглощения. Причины отклонения от закона ЛББ в растворах. Физико-химические условия образования окрашенных соединений. Чувствительность и точность фотометрического метода.

**Тема 10. Методы измерения оптической плотности растворов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы измерения оптической плотности растворов. Приборы и их характеристики. Фотоэлементы. Спектрофотометрия и ее преимущества перед колориметрией. Дифференциальная спектрофотометрия.

**Тема 10. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.

**Тема 11. Спиновый гамильтониан и вид спектров ЭПР.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Спиновый гамильтониан и вид спектров ЭПР. Релаксационные процессы в спектроскопии ЭПР.

**Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным. Метод изолярических серий. Метод сдвига равновесий. Метод Бьерумма. Метод соответственных растворов. Метод прямой линии. Изобестические точки. Определение констант кислотно-основной диссоциации органических реактивов.

**Тема 12. Экспериментальные основы метода ЭПР.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Экспериментальные основы метода ЭПР.

**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. Задачи и возможности оптических методов исследования.	7	1	подготовка домашнего задания по теме: Задачи и возможности оптических методов		

исследования. подгот

1

домашнее  
задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Ядерный магнитный резонанс.	7	1	подготовка домашнего задания по теме: Ядерный магнитный резонанс -теория и практика.Ядерные магнитны	1	домашнее задание
1.	Тема 1. Теоретические основы электрохимии.	7	1	подготовка домашнего задания по теме: Теоретические основы электрохимии: двойной электрический слой,	1	домашнее задание
2.	Тема 2. Классификация электродов (первого и второго рода). Окислительно-восстановительные электроды.	7	2	подготовка домашнего задания по теме: Способы приготовления электродов. Газовые электроды (кислородн	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Ядерная магнитная релаксация.	7	2	подготовка домашнего задания по теме: Распределение ядерных спинов в магнитном поле. Время спин- реш	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Классификация оптических методов исследования	7	2	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
3.	Тема 3. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла. Металлкомплексные электроды.	7	3	подготовка домашнего задания по теме: Потенциометрический метод определения равновесной концентрации	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Переходные процессы и спиновое эхо.	7	3	подготовка домашнего задания по теме: Переходные процессы и спиновое эхо.	2	домашнее задание
3.	Тема 3. Электронные спектры поглощения.	7	3	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
4.	Тема 4. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений (Яцимирского, Ледена).	7	4	подготовка домашнего задания по теме: Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений	2	домашнее задание
4.	Тема 4. Типы электронных переходов в растворах металлокомплексов.	7	4	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
4.	Тема 4. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.	7	4	подготовка домашнего задания по теме: Ядерная магнитная релаксация. Релаксация ядер в чистых жидкост	1	домашнее задание
5.	Тема 5. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений	7	5	подготовка домашнего задания по расчетным методам определения состава и устойчивости комплексных сое	1	домашнее задание
5.	Тема 5. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.	7	5	подготовка домашнего задания по теме: Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Термы многоэлектронных атомов.	7	5	подготовка домашнего задания по теме: Спектры комплексов переходных металлов. Термы многоэлектронных	2	домашнее задание
6.	Тема 6. Диаграммы энергетических уровней Орбиталя и Тананабе-Сугано.	7	6	подготовка домашнего задания по теме: Диаграммы энергетических уровней Орбиталя. Термы конфигураций сл	2	домашнее задание
6.	Тема 6. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.	7	6	подготовка домашнего задания по теме: Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях. Расчет		домашнее задание
6.	Тема 6. Методы расчёта состава и констант устойчивости гетеролигандных комплексных соединений.	7	6	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
7.	Тема 7. Кислотность водных, водно-органических растворов.	7	7	подготовка домашнего задания по теме: определение кислотности в водно-органических средах методами р	1	домашнее задание
7.	Тема 7. Магнетохимия.	7	7	подготовка домашнего задания по основам магнетохимии.еме: Магнетохимия.	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.	7	7	подготовка домашнего задания по теме: Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.	1	домашнее задание
8.	Тема 8. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.	7	8	подготовка домашнего задания по теме: Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений	1	домашнее задание
8.	Тема 8. Связь между строением соединений и окраской.	7	8	подготовка домашнего задания по теме: Изменение оптических характеристик реагента при комплексообраз	1	домашнее задание
8.	Тема 8. Полярографический метод исследования.	7	8	подготовка домашнего задания по основам полярографического метода.	1	домашнее задание
9.	Тема 9. Адсорбционные явления на ртутнокапельном электроде.	7	9	подготовка домашнего задания по теме: Диффузионные и кинетические токи. Адсорбционные волны.	2	домашнее задание
9.	Тема 9. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.	7	9	подготовка домашнего задания по теме :основы метода ЯМР.	1	домашнее задание
9.	Тема 9. Оптические свойства окрашенных соединений в растворах.	7	9	подготовка домашнего задания по теме: Молярный коэффициент светопоглощения . Основной закон светопог	1	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Методы измерения оптической плотности растворов.	7	10	подготовка домашнего задания по теме: Методы измерения оптической плотности растворов. Приборы и их	1	домашнее задание
10.	Тема 10. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.	7	10	подготовка домашнего задания по основам метода ЭПР.	1	домашнее задание
11.	Тема 11. Спиновый гамма-резонанс и вид спектров ЭПР.	7	11	подготовка домашнего задания по теме: основы метода ЭПР.	1	домашнее задание
11.	Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным.	7	11	подготовка домашнего задания по теме: Определение состава и устойчивости комплексных соединений по с	1	домашнее задание
12.	Тема 12. Экспериментальные основы метода ЭПР.	7	12	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				44	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины "Методы исследования координационных соединений в растворах" предполагает использование как традиционных (лекции, практические занятия с использованием методических материалов), так и инновационных образовательных технологий с использованием в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, включающих выступления студентов на занятиях с видеоматериалами при защите курсовых работ.

- компьютерные презентации лекций;
- интерактивный опрос на лабораторных работах;



- разбор конкретных вопросов после интерактивного опроса.

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

### **Тема 1. Задачи и возможности оптических методов исследования.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Место оптических методов среди других физико-химических методов исследования реакций комплексообразования. Цвет и спектр поглощения. Спектральный цвет. Дополнительный цвет.

### **Тема 1. Ядерный магнитный резонанс.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Ядерные магнитные моменты. Магнитная восприимчивость. Уровни энергии ядерного момента в магнитном поле. Условие возникновения ЯМР.

### **Тема 1. Теоретические основы электрохимии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Двойной электрический слой. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Гальванические элементы Цепи с переносом и без переноса.

### **Тема 2. Классификация электродов (первого и второго рода).**

#### **Окислительно-восстановительные электроды.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Способы приготовления электродов. Газовые электроды (кислородный, водородный), металлоксидные, амальгамные, хингидронный, каломельные, хлорсеребрянный, ионо-селективные, стеклянный электроды. Определение потенциалов электродов.

### **Тема 2. Классификация оптических методов исследования**

домашнее задание , примерные вопросы:

Классификация оптических методов исследования в зависимости от типа взаимодействия энергии с веществом и способу ее измерения.

### **Тема 2. Ядерная магнитная релаксация.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Распределение ядерных спинов в магнитном поле. Магнитное резонансное поглощение. Спин-спиновая и спин-решеточная релаксация. Уравнения Блоха.

### **Тема 3. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла. Металлокомплексные электроды.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Примеры металлокомплексных электродов. Зависимость потенциала электрода от концентрации лиганда. Компенсационная схема измерения ЭДС гальванического элемента.

### **Тема 3. Переходные процессы и спиновое эхо.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Экспериментальные методы получения сигналов ССИ и спинового эха. Методики измерения времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации.

### **Тема 3. Электронные спектры поглощения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Основные оптические характеристики. Батохромный и гипсохромные сдвиги. Гиперхромный и гипохромный эффекты.

### **Тема 4. Типы электронных переходов в растворах металлокомплексов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Правила отбора. Природа электронных спектров в водных растворах металлокомплексов.

#### **Тема 4. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений (Яцимирского, Ледена).**

домашнее задание , примерные вопросы:

Исследование процессов комплексообразования методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов. Методы Яцимирского, Ледена.

#### **Тема 4. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Диполь-дипольный механизм релаксации. Квадрупольная релаксация. Времена корреляции.

#### **Тема 5. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений**

домашнее задание , примерные вопросы:

Определение термодинамических характеристик процессов комплексообразования в растворах. Методы Бьеррума, соответственных растворов. Метод наименьших квадратов. Исследование комплексообразования в системах с разнородными лигандами.

#### **Тема 5. Термы многоэлектронных атомов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Спектры комплексов переходных металлов. Природа электронных переходов в комплексных соединениях, образованных ионами конфигурации  $d1$ ,  $d2$ ,  $d7$ ,  $d8$  в октаэдрических, тетраэдрических, тетрагональных полях лигандов. Правила отбора и интенсивности  $d-d$  переходов.

#### **Тема 5. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Парамагнитный вклад в релаксацию. Внутрисферная релаксация. Уравнения Бломбергена-Соломона. Внешнесферная релаксация.

#### **Тема 6. Методы расчёта состава и констант устойчивости гетеролигандных комплексных соединений.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Метод наименьших квадратов. Исследование комплексообразования в системах с разнородными лигандами.

#### **Тема 6. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Коэффициент релаксационной эффективности. Расчет констант равновесия по релаксационным данным.

#### **Тема 6. Диаграммы энергетических уровней Оргела и Танабе-Сугано.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Правила взаимного соответствия уровней расщепления.  $\Gamma$  и  $V$ - два типа рядов лигандов-спектрохимический и нефелоксетический. Диаграммы энергетических уровней Оргела. Термы конфигураций слабого, сильного полей. Диаграммы Танабе-Сугано. Переходы с участием электронно-вырожденных термов. Расщепление Яна-Теллера. Данные о структуре, полученные из электронных спектров. Комплексы с переносом зарядов.

#### **Тема 7. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Интралигандные полосы в спектрах поглощения. Хромофоры и ауксохромы. Комплексообразование с окрашенными лигандами.

#### **Тема 7. Магнетохимия.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Диамагнетизм и парамагнетизм. Закон Кюри. Закон Кюри-Вейсса. Температурно независимый парамагнетизм. Расщепление в нулевом поле. Уравнение Ван-Флека. Парамагнитная анизотропия.

#### **Тема 7. Кислотность водных, водно-органических растворов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Определение кислотности в водно-органических средах. Функция Гаммета.

### **Тема 8. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Магнитный обмен в димерах и кластерах. Константа обменного взаимодействия. Уравнение Ван-Флека для димерных кластеров. Магнитные свойства комплексов тяжелых переходных металлов. Магнитные свойства комплексов редкоземельных металлов.

### **Тема 8. Полярографический метод исследования.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Основы полярографического метода. Общая характеристика полярографической волны и факторы искажающие ее форму. Максимумы первого и второго рода.

### **Тема 8. Связь между строением соединений и окраской.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изменение оптических характеристик реагента при комплексообразовании.

### **Тема 9. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Метод Гуи. Метод Фарадея. Метод Квинке. Метод вискозиметра. Метод ЯМР. СКВИД-магнетометр. Магнитные свойства парамагнитных солей в растворах.

### **Тема 9. Адсорбционные явления на ртутнокапельном электроде.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Диффузионные и кинетические токи. Адсорбционные волны. Разновидности полярографического метода. Уравнение обратимой полярографической волны. Адсорбционные явления на ртутном капельном электроде.

### **Тема 9. Оптические свойства окрашенных соединений в растворах.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Спектры поглощения. Молярный коэффициент светопоглощения . Основной закон светопоглощения. Причины отклонения от закона ЛББ в растворах. Физико-химические условия образования окрашенных соединений. Чувствительность и точность фотометрического метода.

### **Тема 10. Методы измерения оптической плотности растворов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Приборы и их характеристики. Фотоэлементы. Спектрофотометрия и ее преимущества перед колориметрией. Дифференциальная спектрофотометрия.

### **Тема 10. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Зеемановское взаимодействие. Изотропное сверхтонкое взаимодействие. Изотропное суперсверхтонкое взаимодействие. Спектры ЭПР ионов со спином  $S = \frac{1}{2}$  в растворах.

### **Тема 11. Спиновый гамильтониан и вид спектров ЭПР.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Теория возмущений. Спектр ЭПР с учетом первого и второго порядка теории возмущений. Спектры ЭПР ионов со спином  $S > \frac{1}{2}$  в растворах, расщепление в нулевом поле. Спектры ЭПР в магниторазбавленных порошках, стеклах, кристаллах. Анизотропия параметров спинового гамильтониана. Спектры ЭПР ионов переходных металлов и комплексов. Релаксационные процессы в спектроскопии ЭПР.

### **Тема 11. Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Метод изолярических серий. Метод сдвига равновесий. Метод Бьерумма. Метод соответственных растворов. Метод прямой линии. Изобестические точки. Определение констант кислотно-основной диссоциации органических реактивов.

### **Тема 12. Экспериментальные основы метода ЭПР.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Особенности спектрометров ЭПР различных диапазонов. Устройство спектрометра ЭПР. Волновод и резонатор. Модуляция внешнего магнитного поля. Синхронный детектор.

## Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Примеры контрольных вопросов

Билет ♦ 1

1. Исследование процессов комплексообразования методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.
2. Адсорбционные явления на ртутном капельном электроде.

Билет ♦ 2

1. Ионселективные электроды.
2. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод соответственных растворов.

Билет ♦ 3

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

Билет ♦ 4

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

Билет ♦ 5

1. Стеклянный электрод.
2. Факторы искажающие форму полярографических кривых.

Билет ♦ 6

1. Потенциометрическое определение равновесной концентрации иона металла.
2. Полярографический метод исследования. Общая характеристика полярографической волны.

Билет ♦ 7

1. Основные понятия электрохимии: электрод, гальванический элемент, ЭДС гальванического элемента, обратимый электрод.
2. Метод Бъеррума.

Билет ♦ 8

1. Определение кислотности в неводных средах.
2. Исследование комплексообразования в системах с разнородными лигандами (определение состава и устойчивости).

Билет ♦ 9

1. Кислотность растворов. Функция кислотности Гаммета
2. Кинетические токи в полярографии.

Билет ♦ 10

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

Билет ♦ 11

1. Анодные и катодные волны в полярографии. Уравнение Ильковича. Критерии обратимости электродных процессов.
2. Метод наименьших квадратов.

Билет ♦ 12.

- 1.Магнитные свойства ядер.
- 2.Ядерный резонанс.
- 3.Релаксация ядер в жидкостях.

Билет ♦ 13.

- 1.Магнитные свойства полиядерных и комплексных соединений.
- 2.Метод Гуи.
- 3.Релаксация в парамагнитных жидкостях.

Билет ♦ 14

- 1.Что такое терм? Вывод термов для атома или иона конфигурации  $p^2$ . Приведите примеры атомов (ионов), имеющих такую конфигурацию.
- 2.Определение устойчивости комплексных соединений при ступенчатом комплексообразовании.

Билет ♦ 15

- 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.

Контрольные вопросы по спектрофотометрии

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)?

### 7.1. Основная литература:

1.Спектрофотометрический метод исследования процессов комплексообразования в водных растворах и организованных средах: учебное пособие. Казань, 2009.- 49 с.:

2. 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)

3. 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>

4. Каратаева Ф.Х., Клочков В.В. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. 2013.(Для студентов и аспирантов химического и биологического факультетов) Подробности:

[http://kpfu.ru/publication?p\\_id=68614](http://kpfu.ru/publication?p_id=68614)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Драго Р. Физические методы в химии. В 2-х томах. М.: Мир, 1981.
2. Гутман В. Химия координационных соединений в неводных растворах. М.: Мир, 1971.
3. Сапрыкова З.А., Боос Г.А., Захаров А.В. Физико-химические методы исследований координационных соединений. Казань. Казанский университет, 1988. (на кафедре неорганической химии)
4. Павлов Н.Н. Общая и неорганическая химия. [Электронный ресурс] - 3-е изд., испр., доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 496 с.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4034](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4034)
5. Попель А.А. Магнитно релаксационный метод анализа неорганических веществ. М.: Химия, 1978.
6. Сальников Ю.И., Глебов А.Н., Девятков Ф.В. Полиядерные комплексы в растворах. Казань.: Изд-во Казанского университета, 1990. (на кафедре неорганической химии)
7. Байрамов В.М. Основы электрохимии. М., Издательский центр 'Академия', 2005.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Chemnet Россия ? химические наука и образование в России: портал фундамен-тального хим.образования - <http://www.chem.msu.ru/rus>
- Алексеев В. М. и др. Сборник задач по оптимизации: Теория, примеры, задачи - <http://www.krelib.com/matematika/1466>
- Белеванцев В.И. Сложные равновесия в растворах - <http://icchair.niic.nsc.ru/lectures/2.shtml>
- Образовательные ресурсы Интернета ? ХИМИЯ - <http://www.alleng.ru/edu/chem.htm>
- Патрушева Т.Н. Сенсорика. Современные технологии микро- и наноэлектроники. М.: НИЦ ИНФРА-М; Красноярск, 2014.-260с. - <http://znanium.com/bookread.php?book=374604>
- Простов В. Н. Основы физической химии - [http://krelib.com/fizicheskaja\\_himija\\_himicheskaja\\_fizika/14364](http://krelib.com/fizicheskaja_himija_himicheskaja_fizika/14364)
- Фёдоров М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости. М.: Физматлит, 2010.-384с. - [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)

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

Освоение дисциплины "Методы исследования координационных соединений в растворах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. 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.

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 специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Неорганическая химия .



Автор(ы):

Бычкова Т.И. \_\_\_\_\_

Зиятдинова А.Б. \_\_\_\_\_

Амирова Л.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.