

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 Б1.В.ОД.11

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Неорганическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бычкова Т.И.

**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 769317

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) доцент, к.н. (доцент) Бычкова Т.И. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Tamara.Bychkova@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 " Б1.В.ОД.11 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная дисциплина относится к вариативной части 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
ОК-7 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

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 вывод. 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	
2.	Тема 2. Теоретические основы электрохимии.	7	1	2	0	0	
3.	Тема 3. Ядерный магнитный резонанс.	7	1	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Классификация оптических методов исследования: турбидиметрия, нефелометрия, динамическое светорассеяние.	7	2	2	0	0	
5.	Тема 5. Классификация электродов. Газовые электроды.	7	2	2	0	0	
6.	Тема 6. Ядерная магнитная релаксация.	7	2	2	0	0	
7.	Тема 7. Абсорбционные методы исследования	7	3	2	0	0	
8.	Тема 8. Переходные процессы и спиновое эхо.	7	3	2	0	0	
9.	Тема 9. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла.	7	3	2	0	0	
10.	Тема 10. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений.	7	4	2	0	0	
11.	Тема 11. Флуоресцентный анализ	7	4	2	0	0	
12.	Тема 12. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.	7	4	2	0	0	
13.	Тема 13. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений.	7	5	2	0	0	
14.	Тема 14. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.	7	5	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
15.	Тема 15. Спектры комплексов переходных металлов.	7	5	2	0	0	
16.	Тема 16. Методы расчёта состава и констант устойчивости моноядерных однородных координационных соединений.	7	6	2	0	0	Контрольная работа
17.	Тема 17. Правила взаимного соответствия уровней расщепления.	7	6	2	0	0	
18.	Тема 18. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.	7	6	2	0	0	
19.	Тема 19. Кислотность водных и водно-органических растворов.	7	7	2	0	0	
20.	Тема 20. Магнетохимия.	7	7	2	0	0	
21.	Тема 21. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.	7	7	2	0	0	
22.	Тема 22. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.	7	8	2	0	0	
23.	Тема 23. Полярографический метод исследования.	7	8	2	0	0	
24.	Тема 24. Связь между строением соединений и окраской.	7	8	2	0	0	
25.	Тема 25. Диффузионные и кинетические токи.	7	9	2	0	0	
26.	Тема 26. Оптические свойства окрашенных соединений в растворах.	7	9	2	0	0	
27.	Тема 27. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.	7	9	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
28.	Тема 28. Методы измерения оптической плотности растворов.	7	10	2	0	0	
29.	Тема 29. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.	7	10	2	0	0	
30.	Тема 30. Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным.	7	11	2	0	0	
31.	Тема 31. Спиновый гамльтониан и вид спектров ЭПР.	7	11	2	0	0	
32.	Тема 32. 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 2. 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 3. 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 4. Классификация оптических методов исследования: турбидиметрия, нефелометрия, динамическое светорассеяние.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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

### Тема 5. Классификация электродов. Газовые электроды.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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

#### **Тема 6. 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 7. Абсорбционные методы исследования**

##### ***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 8. Переходные процессы и спиновое эхо.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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

#### **Тема 9. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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

#### **Тема 10. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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

#### **Тема 11. Флуоресцентный анализ**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Спектры комплексов переходных металлов. Термы многоэлектронных атомов. Природа электронных переходов в комплексных соединениях, образованных ионами конфигурации  $d^1$ ,  $d^2$ ,  $d^7$ ,  $d^8$  в октаэдрических, тетраэдрических, тетрагональных полях лигандов. Правила отбора и интенсивности  $d-d$  ? переходов.

#### **Тема 12. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Ядерная магнитная релаксация. Релаксация ядер в чистых жидкостях.

#### **Тема 13. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

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

#### **Тема 14. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.

#### **Тема 15. Спектры комплексов переходных металлов.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***



Правила взаимного соответствия уровней расщепления. Два типа рядов лигандов-спектрохимический и нефелоксетический. Диаграммы энергетических уровней Орбиталя. 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 16. Методы расчёта состава и констант устойчивости моноядерных однородных координационных 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 17. Правила взаимного соответствия уровней расщепления.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Правила взаимного соответствия уровней расщепления. Два типа рядов лигандов-спектрохимический и нефелоксетический. Диаграммы энергетических уровней Орбиталя. 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 18. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

#### **Тема 19. Кислотность водных и водно-органических растворов.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

#### **Тема 20. Магнетохимия.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Магнетохимия. Уравнения Ван ? Флека.

#### **Тема 21. 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 22. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.

#### **Тема 23. 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 24. 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 25. Диффузионные и кинетические токи.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

#### **Тема 26. 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 27. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

#### **Тема 28. 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 29. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.

#### **Тема 30. 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 31. Спиновый гамильтониан и вид спектров ЭПР.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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

#### **Тема 32. Экспериментальные основы метода ЭПР.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Особенности спектрометров ЭПР различных диапазонов. Устройство спектрометра ЭПР. Волновод и резонатор. Модуляция внешнего магнитного поля. Синхронный детектор. Билеты к контрольной работе представлены в разделе ПРОЧЕЕ

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
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
2.	Тема 2. Теоретические основы электрохимии.	7	1	подготовка домашнего задания по теме: Теоретические основы электрохимии: двойной электрический слой,	1	домашнее задание
3.	Тема 3. Ядерный магнитный резонанс.	7	1	подготовка домашнего задания по теме: Ядерный магнитный резонанс -теория и практика.Ядерные магнитны	1	домашнее задание
4.	Тема 4. Классификация оптических методов исследования: турбидиметрия, нефелометрия, динамическое светорассеяние.	7	2	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
5.	Тема 5. Классификация электродов. Газовые электроды.	7	2	подготовка домашнего задания по теме: Способы приготовления электродов. Газовые электроды (кислородн	2	домашнее задание
6.	Тема 6. Ядерная магнитная релаксация.	7	2	подготовка домашнего задания по теме: Распределение ядерных спинов в магнитном поле. Время спин- реш	2	домашнее задание
7.	Тема 7. Абсорбционные методы исследования	7	3	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Переходные процессы и спиновое эхо.	7	3	подготовка домашнего задания по теме: Переходные процессы и спиновое эхо.	2	домашнее задание
9.	Тема 9. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла.	7	3	подготовка домашнего задания по теме: Потенциометрический метод определения равновесной концентрации	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений.	7	4	подготовка домашнего задания по теме: Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Флуоресцентный анализ	7	4	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
12.	Тема 12. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.	7	4	подготовка домашнего задания по теме: Ядерная магнитная релаксация. Релаксация ядер в чистых жидкост	1	домашнее задание
13.	Тема 13. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений.	7	5	подготовка домашнего задания по расчетным методам определения состава и устойчивости комплексных соединений	1	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
14.	Тема 14. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.	7	5	подготовка домашнего задания по теме: Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.	2	домашнее задание
15.	Тема 15. Спектры комплексов переходных металлов.	7	5	подготовка домашнего задания по теме: Спектры комплексов переходных металлов. Термы многоэлектронных	2	домашнее задание
16.	Тема 16. Методы расчёта состава и констант устойчивости моноядерных однородных координационных соединений.	7	6	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
17.	Тема 17. Правила взаимного соответствия уровней расщепления.	7	6	подготовка домашнего задания по теме: Диаграммы энергетических уровней Орбиталя. Термы конфигураций сл	2	домашнее задание
18.	Тема 18. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.	7	6	подготовка домашнего задания по теме: Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях. Расчет		домашнее задание
19.	Тема 19. Кислотность водных и водно-органических растворов.	7	7	подготовка домашнего задания по теме: определение кислотности в водно-органических средах методами р	1	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
20.	Тема 20. Магнетохимия.	7	7	подготовка домашнего задания по основам магнетохимии. тема: Магнетохимия.	2	домашнее задание
21.	Тема 21. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.	7	7	подготовка домашнего задания по теме: Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.	1	домашнее задание
22.	Тема 22. Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений.	7	8	подготовка домашнего задания по теме: Магнитные свойства полиядерных и кластерных соединений	1	домашнее задание
23.	Тема 23. Полярографический метод исследования.	7	8	подготовка домашнего задания по основам полярографического метода.	1	домашнее задание
24.	Тема 24. Связь между строением соединений и окраской.	7	8	подготовка домашнего задания по теме: Изменение оптических характеристик реагента при комплексообраз	1	домашнее задание
25.	Тема 25. Диффузионные и кинетические токи.	7	9	подготовка домашнего задания по теме: Диффузионные и кинетические токи. Адсорбционные волны.	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
26.	Тема 26. Оптические свойства окрашенных соединений в растворах.	7	9	подготовка домашнего задания по теме: Молярный коэффициент светопоглощения. Основной закон светопог	1	домашнее задание
27.	Тема 27. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.	7	9	подготовка домашнего задания по теме :основы метода ЯМР.	1	домашнее задание
28.	Тема 28. Методы измерения оптической плотности растворов.	7	10	подготовка домашнего задания по теме: Методы измерения оптической плотности растворов. Приборы и их	1	домашнее задание
29.	Тема 29. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.	7	10	подготовка домашнего задания по основам метода ЭПР.	1	домашнее задание
30.	Тема 30. 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
31.	Тема 31. Спиновый гамильтониан и вид спектров ЭПР.	7	11	подготовка домашнего задания по теме: основы метода ЭПР.	1	домашнее задание
32.	Тема 32. 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:

Типы равновесий реакций комплексообразования и методы их исследования. Понятие об оптических методах исследования Цвет и спектр поглощения. Спектральный и дополнительный цвет.

### **Тема 2. Теоретические основы электрохимии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 3. Ядерный магнитный резонанс.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 4. Классификация оптических методов исследования: турбидиметрия, нефелометрия, динамическое светорассеяние.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Явление светорассеяния. Эффект Тиндаля. Нефелометрический, турбидиметрический методы анализа. Исследование наноразмерных частиц в растворах методом динамического светорассеяния.

### **Тема 5. Классификация электродов. Газовые электроды.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 6. 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 7. Абсорбционные методы исследования**

домашнее задание , примерные вопросы:

Методы спектроскопия в ИК, УФ- и видимой областях спектра. Форма спектров поглощения. Оптические характеристики.

### **Тема 8. 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 9. Потенциометрический метод определения равновесной концентрации иона металла.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 10. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 11. Флуоресцентный анализ**

домашнее задание , примерные вопросы:

Явление люминесценции. Эмиссионные спектры. Правило Левшина. Стоксов сдвиг.

### **Тема 12. Ядерная магнитная релаксация в чистых жидкостях.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 13. Методы расчёта состава и констант устойчивости комплексных соединений.**

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 14. Релаксация ядер в растворах парамагнитных солей.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 15. Спектры комплексов переходных металлов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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 16. Методы расчёта состава и констант устойчивости моноядерных однородных координационных соединений.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Билеты к контрольной работе 1 представлены в разделе "прочее".

### **Тема 17. Правила взаимного соответствия уровней расщепления.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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 18. Реакции комплексообразования в парамагнитных жидкостях.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Коэффициент релаксационной эффективности. Расчет констант равновесия по релаксационным данным.

### **Тема 19. Кислотность водных и водно-органических растворов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Способы определения кислотности водно-органических растворов. Функция Гаммета.

### **Тема 20. 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 21. Окрашенные реактивы в спектрофотометрии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 22. 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 23. Полярографический метод исследования.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Основы полярографического метода. Схема полярографической установки. Общая характеристика полярографической волны и факторы искажающие ее форму.

### **Тема 24. Связь между строением соединений и окраской.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Теория кристаллического поля и метод молекулярных орбиталей для объяснения окраски комплексов. Изменение оптических характеристик реагента при комплексообразовании.

### **Тема 25. Диффузионные и кинетические токи.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Адсорбционные явления на ртутном капельном электроде. Уравнение обратимой полярографической волны. Анализ уравнения обратимой полярографической волны.

### **Тема 26. 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 27. 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 28. Методы измерения оптической плотности растворов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 29. Электронный парамагнитный резонанс в координационной химии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Зеемановское взаимодействие. Изотропное сверхтонкое взаимодействие. Изотропное суперсверхтонкое взаимодействие. Спектры ЭПР ионов со спином  $S = 1/2$  в растворах.

### **Тема 30. Определение состава и устойчивости комплексных соединений по спектрофотометрическим данным.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 31. 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  $S > 1/2$  в растворах, расщепление в нулевом поле. Спектры ЭПР в магниторастворенных порошках, стеклах, кристаллах. Анизотропия параметров спинового гамильтониана. Спектры ЭПР ионов переходных металлов и комплексов. Релаксационные процессы в спектроскопии ЭПР.

### **Тема 32. 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. Билеты к контрольной работе 2 представлены в поле "Прочее"

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Примеры билетов к контрольной работе 1

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 Бьеррума.

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.

Примеры билетов к контрольной работе 2

Билет ♦ 1

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

Билет ♦ 2.

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

Билет ♦ 3

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.

Билет ♦ 4

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.

Билет ♦ 5

1. С чем связано возникновение окраски в водных растворах при подкислении соединений ванадия (V)?
2. Что такое термы? Основной терм для иона марганца (II).

Билет ♦ 6

1. Основной терм для рения (VI). Окрашены ли соединения рения (VI)?
2. Основной терм для марганца (III)? Окрашены ли соединения марганца (III) и почему?

Билет ♦ 7

1. Уравнение Ван-Флека. Парамагнитная анизотропия.
2. Парамагнитный вклад в релаксацию. Внутрисферная релаксация. Уравнения Бломбергера-Соломона. Внешнесферная релаксация.

Билет ♦ 8

1. Коэффициент релаксационной эффективности. Расчет констант равновесия по релаксационным данным.
2. Экспериментальные методы определения магнитной восприимчивости.

Билеты к экзамену

Билет ♦ 1

1. Исследование процессов комплексообразования методом измерения окислительно-восстановительных потенциалов.
2. Абсорбционный метод исследования (СФ-метрия, фотокolorиметрия) - для каких систем применяется (гомогенных, гетерогенных, окрашенных, неокрашенных)?
3. Магнитные свойства ядер.

Билет ♦ 2

1. Адсорбционные явления на ртутном капельном электроде.
2. Релаксация ядер в жидкостях.
3. СФ- определение константы диссоциации окрашенных реагентов.

Билет ♦ 3

1. Оптические характеристики окрашенного вещества. Влияние комплексообразования.
2. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод соответственных растворов.
3. Магнитные свойства полядерных и комплексных соединений.

Билет ♦ 4

1. Какие оптические характеристики могут меняться при комплексообразовании? Батохромный, гипсохромный сдвиги.
2. Анодные и катодные волны в полярографии. Уравнение Ильковича. Критерии обратимости электродных процессов.
3. Релаксация в парамагнитных жидкостях.

Билет ♦ 5

1. Диаграммы Оргела для ионов конфигурации  $d^2$  в слабых полях лигандов. Правила отбора.
2. В каких случаях для объяснения окраски соединений применяют теорию кристаллического поля? Приведите примеры.
3. Метод Гуи.

Билет ♦ 6

1. Молярный коэффициент поглощения. Физический смысл, размерность, от каких факторов зависит?
2. Методы определения состава и устойчивости комплексных соединений по данным потенциометрических измерений. Метод Яцимирского.
3. Кинетические токи в полярографии.

Билет ♦ 7

1. Спектр поглощения, характеристики спектра, что они отражают?
2. Кислотность растворов. Функция кислотности Гаммета
3. Исследование комплексообразования в системах с разнородными лигандами (определение состава и устойчивости).

Билет ♦ 8

1. Стекланный электрод.
2. Изобестические точки, о чём свидетельствует их появление?
3. Спектры ЭПР ионов переходных металлов и комплексов.

Билет ♦ 9

1. Металлоксидные электроды.
2. Что такое связь Рассела Саундерса (LS) ?
3. Релаксационные процессы в спектроскопии ЭПР.

Билет ♦ 10

1. Закон Ламберта-Бугера-Бера. Причины отклонения от закона в растворах.

2. Полярографический метод исследования. Общая характеристика полярографической волны.

3. Диамагнетизм и парамагнетизм. Закон Кюри. Закон Кюри-Вейсса.

### 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. 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)

5. 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.

6. 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)

7. 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)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Киселев Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений. - М.: Академия, 2007. - 352 с.

2. 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. - 233 с.

3. Комплексы металлов : учебное пособие для лекционного курса 'Химия комплексных соединений'. Казань : [Казанский университет], 2014. 97 с.

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

5. Каратаева, Ф.Х. Спектроскопия ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  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:

Chemnet Россия ? химические наука и образование в России: портал фундаментального 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>

Простов В. Н. Основы физической химии -

[http://krelib.com/fizicheskaja\\_himija\\_himicheskaja\\_fizika/14364](http://krelib.com/fizicheskaja_himija_himicheskaja_fizika/14364)

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

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

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

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: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Неорганическая химия .

Автор(ы):

Бычкова Т.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.