

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ХТИ  
В.И. Павленко

« 15 » 09 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**«Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»**

направление подготовки:

**18.03.01 «Химическая технология»**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Химическая технология вяжущих и композиционных материалов**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

**Институт:** Химико-технологический институт

**Кафедра:** Теоретической и прикладной химии

Белгород – 2016

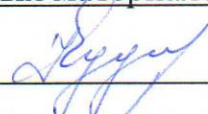
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11 августа 2016 г. №1005;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: к.т.н., доцент  В.А. Полуэктова

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

«Технология цемента и композиционных материалов»

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  И.Н. Борисов

« 15 » 09 2016 г.


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » 09 2016 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  В.И. Павленко

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 09 2016 г., протокол № 1

Председатель к.т.н., доцент  Л.А. Порожняк

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> – основные понятия, законы, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе химических и физико-химических методов анализа; основные положения, лежащие в основе выбора метода анализа и схемы анализа. <b>Уметь:</b> – выполнять основные химические операции; выбирать метод анализа для заданной аналитической задачи и оценивать возможность каждого метода анализа; работать на аналитических установках и приборах; выполнять качественный и количественный анализ химическими или физико-химическими методами; рассчитывать концентрации растворов различных соединений, строить кривые титрования; интерпретировать результаты анализа. <b>Владеть:</b> – методиками проведения исследований с помощью химических и современных физико-химических методов, методами обработки результатов, получения необходимой информации для идентификации химических соединений; приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных фондов и Интернет-ресурсов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание первой части дисциплины (2 семестр) основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Общая и неорганическая химия

Содержание второй части дисциплины (5 семестр) основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Органическая химия
4	Общая и неорганическая химия
5	Физическая химия
6	Коллоидная химия

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Общая химическая технология
2	Научно-исследовательская работа

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	180	108
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	119	68	51
лекции	34	17	17
лабораторные	85	51	34
практические	0	0	0
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	169	112	57
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
Другие виды самостоятельной работы	115	58	57
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	36	36 (Экзамен)	30

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

##### Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час
-------	---	---

		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Введение в аналитическую химию. Качественный анализ. Основы титриметрии.					
	Предмет аналитической химии. Классификация методов анализа. Качественный анализ. Методы количественного анализа. Равновесие в гомогенных системах: закон действующих масс, границы применимости. Константа равновесия. Теория сильных электролитов: ионная сила, активность, коэффициент активности, формула Дебая-Хюккеля. Основы титриметрии. Способы выражения концентрации раствора: молярная, нормальная, титр, титр по определяемому веществу, поправочный коэффициент	6	-	8	11
2. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации).					
	Сущность метода нейтрализации. Кривых титрования. Выбор формул для расчет рН. Кислотно-основные индикаторы, выбор индикатора.	4	-	12	14
3. Окислительно-восстановительное титрование (метод редоксиметрии).					
	Классификация методов редоксиметрии. Сущность перманганатометрии, иодометрии, хроматометрии. Кривые титрования, редокс индикаторы.	3	-	14	15
4. Комплексонометрия. Основы гравиметрического анализа.					
	Основы комплексонометрия. Комплексоны. Способы титрования в комплексонометрии. Металлоиндикаторы. Теоретические основы осаждения. Основы гравиметрического анализа	4	-	17	18
ИТОГО:		17	-	51	58

### Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
5. Введение в спектроскопию. Оптические методы анализа.					
	Введение в ФХМА. Классификация методов спектроскопии. Спектр и его характеристики. Сущность взаимодействия вещества с электромагнитным излучением. Основы	6	-	9	14

	атомной и молекулярной спектроскопии. Спектрофотометрия. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС), атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС), люминесценция.				
	Основы ИК-спектроскопии, ЯМР-спектроскопии, рефрактометрии, термического анализа, РСА	5	-	7	13
<b>7. Хроматографические методы анализа.</b>					
	Классификация хроматографических методов анализа. Сущность разделения веществ в хроматографии. Сущность явлений в абсорбционной газовой, газо-жидкостной, жидкостной хроматографии, особенности высокоэффективной жидкостной хроматографии. Основы бумажной, тонкослойной, хроматографии. Сущность ионообменной хроматографии.	3	-	9	15
<b>8. Электрохимические методы анализа.</b>					
	Классификация электрохимических методов анализа. Сущность потенциометрических методов анализа. Основы амперометрических методов анализа. Амперометрическое титрование. Сущность вольтамперометрических методов анализа. Основы кондуктометрических методов анализа. Сущность кулонометрических методов анализа.	3	-	9	15
<b>ИТОГО:</b>		<b>17</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>57</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практические (семинарские) занятия учебным планом не предусмотрены.

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр №2</b>				
1	Введение в аналитическую химию. Качественный анализ. Основы титриметрии.	Вводное занятие	2	8
		Качественный анализ смеси катионов	2	
		Качественный анализ смеси анионов	2	
		Качественный анализ смеси катионов и анионов	2	
2	Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации)	Приготовление титрованного раствора щелочи и установка его титра	6	24
		Определение содержания аммиака в солях аммония способом обратного титрования	6	
3	Окислительно-восстановительное титрование (метод редоксиметрии).	Определение оксида кальция в известняке методом перманганатометрии	8	
		Иодометрическое определение Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в силикатных материалах	6	

4	Комплексонометрия. Основы гравиметрического анализа.	Определение ионов кальция и магния методом комплексонометрии	4	17
		Гравиметрическое определение сульфат- ионов	13	
ИТОГО:			51	49
<b>семестр №5</b>				
5	Введение в спектроскопию. Оптические методы анализа	Фотометрическое определение содержания железа методом добавок	9	9
		Фотометрическое определение железа (III) в силикатных материалах методом стандартов		
		Фотометрическое определение алюминия в силикатных материалах методом калибровочного графика		
		Фотометрическое определение марганца и хрома при совместном присутствии в растворе		
		Определение концентрации хлорид-ионов турбидиметрическим методом		
6	Современные спектроскопические и другие методы анализа.	Определение органических соединений методом инфракрасной спектроскопии	9	9
		Определение органических соединений методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса		
		Рентгеноструктурный анализ минеральных веществ		
		Дифференциально-термический анализ		
		Определение состава бинарного раствора рефрактометрическим методом		
7	Хроматографические методы анализа.	Разделение красителей на бумаге	8	8
		Определение концентрации ионов кальция методом ионообменной хроматографии		
		Определение динамической обменной емкости и полной обменной емкости катионообменников		
		Определение общей обменной емкости глин		
8	Электрохимические методы анализа	Кондуктометрическое определение содержания растворимых солей в строительных материалах	8	8
		Определение концентрации кислоты методом кулонометрии при постоянном токе		
ИТОГО:			34	34
<b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>			<b>85</b>	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень типовых вопросов (типовых заданий)

#### Задания для проведения текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	2	3
<b>2 семестр</b>		
1	Введение в аналитическую химию. Качественный анализ. Основы титриметрии.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что называют аналитическими группами ионов? Какие реагенты называют групповыми, каким требованиям они должны удовлетворять?</li> <li>2. Какие аналитические классификации катионов вы знаете?</li> <li>3. Какие существуют классификации анионов?</li> <li>4. Почему анализ неизвестного вещества начинают с предварительных испытаний? Что входит в предварительные испытания?</li> <li>5. Общая характеристика и классификация методов количественного анализа, его значение.</li> <li>6. Закон действующих масс в аналитической химии, границы применимости.</li> <li>7. Константа равновесия в кажущейся и термодинамической формах.</li> <li>8. Константа диссоциации как частный случай константы равновесия (на конкретных примерах с использованием справочных данных).</li> <li>9. Основы теории сильных электролитов.</li> <li>10. Активность и коэффициент активности, ионная сила раствора: вычисление, связь с коэффициентом активности (формула Дебая - Хюккеля).</li> <li>11. Сущность титриметрического анализа.</li> <li>12. Требования к реакциям, применяемым в титриметрии, их типы.</li> <li>13. Молярная масса эквивалента вещества: понятие и вычисление. Зависимость величины эквивалента от характера реакции, в которую вступает вещество.</li> <li>14. Закон эквивалентов и правило пропорциональности.</li> <li>15. Точка эквивалентности и конечная точка титрования, методы установления.</li> <li>16. Способы выражения концентрации растворов: молярность, нормальность, титр стандартного раствора, титр по определяемому веществу; их вычисление.</li> <li>17. Точность определений в объемном анализе. Роль поправочного коэффициента в расчетах. Стандартные растворы.</li> <li>18. Способы титрования: их сущность, примеры.</li> <li>19. Приготовление титрованного раствора щелочи по точной навеске и установка его титра методом пипетирования и методом отдельных навесок.</li> <li>20. Расчеты в титриметрическом анализе: расчет навески, содержания определяемого вещества в зависимости от способа титрования.</li> </ol>
2	Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая характеристика метода нейтрализации, рабочие растворы и определяемые вещества.</li> <li>2. Кислотно-основные индикаторы. Строение метилоранжа</li> </ol>



		<p>и фенолфталеина, причины изменения их окраски.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Основные характеристики кислотно-основных индикаторов: интервал перехода и показатель титрования, связь с константой диссоциации индикатора.</li> <li>4. Механизм действия кислотно-основных индикаторов. Ионно-хромофорная теория индикаторов.</li> <li>5. Выбор индикаторов по <math>\Delta pH</math>, <math>pT</math> и кривой титрования с использованием справочных таблиц.</li> <li>6. Ионное произведение воды. Понятия <math>pH</math>, <math>pOH</math>, <math>pK</math>.</li> <li>7. Буферные растворы и их роль в анализе. Механизм действия, буферная емкость, примеры буферных растворов.</li> <li>8. Общая характеристика кривых кислотно-основного титрования.</li> <li>9. Построение и анализ кривых титрования с выбором индикаторов: <ol style="list-style-type: none"> <li>а) сильной кислоты сильным основанием;</li> <li>б) сильного основания сильной кислотой;</li> <li>в) слабой кислоты сильным основанием;</li> <li>г) слабого основания сильной кислотой.</li> </ol> </li> <li>10. Индикаторные ошибки в кислотно-основном титровании, их типы.</li> <li>11. Вычисление <math>pH</math> водных растворов слабых кислот, вывод формулы.</li> <li>12. Вычисление <math>pH</math> водных растворов слабых оснований, вывод формулы.</li> <li>13. Вычисление <math>pH</math> кислотного буферного раствора, вывод формулы.</li> <li>14. Вычисление <math>pH</math> основного буферного раствора, вывод формулы.</li> <li>15. Вычисление <math>pH</math> солей, гидролизующихся по аниону; вывод формулы.</li> <li>16. Вычисление <math>pH</math> солей, гидролизующихся по катиону; вывод формулы.</li> </ol>
3	Окислительно-восстановительное титрование (метод редоксиметрии).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация методов редоксиметрии, их краткая характеристика.</li> <li>2. Основы окислительно-восстановительного взаимодействия. Электронно-ионный метод подбора коэффициентов в окислительно-восстановительных реакциях (на примерах).</li> <li>3. Окислительно-восстановительный потенциал, его вычисление. Уравнение Нернста. Нормальный редокс-потенциал.</li> <li>4. Кривые титрования в перманганатометрии, расчет редокс-потенциала в различные моменты титрования.</li> <li>5. Способы фиксирования точки эквивалентности в окислительно-восстановительных методах.</li> <li>6. Редокс-индикаторы: характеристика, механизм действия, примеры. Интервал перехода редокс-индикаторов.</li> <li>7. Основы перманганатометрии: характеристика метода, рабочие растворы и определяемые вещества, условия</li> </ol>

		<p>проведения анализа.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Основы иодометрии: характеристика, рабочие растворы и определяемые вещества, условия проведения.</li> <li>9. Определение молярной массы эквивалентов окислителей (<math>\text{KMnO}_4</math> в разной среде, <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math>, <math>\text{KBrO}_3</math>, <math>\text{I}_2</math>) и восстановителей (<math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math>; <math>\text{KI}</math>; <math>\text{FeSO}_4</math>; <math>\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math>).</li> <li>10. Автокаталитические реакции в перманганатометрии (на примере взаимодействия с оксалат-ионами).</li> <li>11. Приготовление, стандартизация и условия хранения перманганата калия.</li> <li>12. Достоинства и недостатки перманганатометрии.</li> <li>13. Приготовление и стандартизация рабочих растворов в иодометрии, химизм, условия их хранения.</li> <li>14. Достоинства и недостатки иодометрии.</li> <li>15. Использование косвенного и обратного способа титрования на примерах: а) в перманганатометрии; б) иодометрии</li> </ol>
4	<p>Комплексонометрия. Основы гравиметрического анализа.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сущность метода комплексонометрии. Типы комплексонов и их строение.</li> <li>2. Внутриклеточные соединения и их строение. Понятие об ионнокоординационной связи.</li> <li>3. Определение общей жесткости воды комплексонометрическим методом. Химизм комплексонометрического титрования.</li> <li>4. Приготовление и стандартизация раствора комплексона III (трилона Б). Роль среды в комплексонометрических определениях.</li> <li>5. Металлоиндикаторы. Эриохром черный Т, его строение и механизм действия.</li> <li>6. Диссоциация комплексных соединений. Константа нестойкости и константа устойчивости.</li> <li>7. Общая характеристика гравиметрического анализа. Основные операции весовых определений (на конкретном примере).</li> <li>8. Расчет навески анализируемого вещества.</li> <li>9. Выбор осадителя, расчет его объема для оптимального осаждения.</li> <li>10. Оптимальные условия осаждения кристаллических и аморфных осадков.</li> <li>11. Осаждаемая и весовая формы, их получение и требования, предъявляемые к ним.</li> <li>12. Фильтрование и промывание осадков. Выбор промывной жидкости и фильтров. Декантация.</li> <li>13. Применение з.д.м. к системе "осадок - раствор". Произведение растворимости (ПР) и произведение активности (ПА).</li> <li>14. Вычисление растворимости по ПР (и наоборот) различных типов малорастворимых соединений.</li> <li>15. Действие разноименных ионов на растворимость. Солевой эффект (с выводом)</li> <li>16. Вычисление результатов весовых определений.</li> </ol>

		<p>Фактор пересчета в гравиметрии, его вычисление.</p> <p>17. Условие образования осадка (на примере). Насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные растворы</p> <p>18. Главнейшие источники ошибок в гравиметрии и возможные меры их устранения. Адсорбция и окклюзия, изоморфное осаждение и образование химических соединений.</p>
<b>5 семестр</b>		
5	Введение в спектроскопию. Оптические методы анализа.	<p>1. Спектр и его характеристики. Энергетические диаграммы. Взаимодействия вещества с электромагнитным излучением (ЭМИ).</p> <p>2. Диапазоны ЭМИ и их характеристика. Оптическая область спектра.</p> <p>3. Спектроскопия, методы спектроскопии, атомные и молекулярные спектры.</p> <p>4. Оптическая спектроскопия. Основные законы светопоглощения.</p> <p>5. Основные приемы количественного анализа, используемые в спектроскопии.</p> <p>6. Спектрофотометрия. Закон Бугера-Ламберта-Бера, молярный коэффициент поглощения. Отклонения от закона БЛБ.</p> <p>7. Аппаратура и техника выполнения спектрометрического анализа. Качественный и количественный анализ. Достоинства и недостатки.</p> <p>8. Нефелометрический и турбидиметрический анализ. Законы рассеивания света.</p> <p>9. Атомно-абсорбционный спектральный анализ (ААС). Стадии анализа, термическая подготовка пробы. Закон БЛБ в ААС.</p> <p>10. Атомно-эмиссионный спектральный анализ (АЭС). Уравнение Ломакина-Шайбе. Источники возбуждения в АЭС</p>
6	Современные спектроскопические и другие методы анализа.	<p>11. Эмиссионная фотометрия пламени. Теоретические основы метода. Аппаратура и техника выполнения.</p> <p>12. Люминесцентный метод. Типы и виды люминесценции.</p> <p>13. Люминофоры. Блок-схема спектрофлуориметра.</p> <p>14. Качественный и количественный люминесцентный анализ. Флуориметрия и фосфориметрия. Достоинства и недостатки.</p> <p>15. ИК-спектроскопия. Теоретические основы метода. Аппаратура и техника выполнения.</p> <p>16. ИК-спектроскопия. Качественный и количественный анализ.</p> <p>17. ИК-спектры, принципы их расшифровки. Достоинства и недостатки ИК-спектроскопии.</p> <p>18. ЯМР- спектроскопия. Теоретические основы метода ЯМР.</p> <p>19. Устройство спектрометра. Достоинства и недостатки</p>

		<p>ЯМР-спектроскопии.</p> <p>20. Основные характеристики и принципы расшифровки спектров ПМР.</p>
7	Хроматографические методы анализа.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теоретические основы хроматографических методов анализа. Классификация хроматографических методов анализа.</li> <li>2. Элюентная, фронтальная и вытеснительная хроматография: кривые выхода веществ при анализе.</li> <li>3. Газовая хроматография, ее виды. Принципы и характеристики газо-адсорбционной и газо-жидкостной хроматографии.</li> <li>4. Жидкостная хроматография, ее виды. Принципы и характеристики газо-жидкостной.</li> <li>5. Ионообменная хроматография, классификация ионитов, схема ионного хроматографа.</li> <li>6. Распределительная хроматография, ее виды. Принципы и характеристики газо-жидкостной и жидкостно-жидкостной хроматографии.</li> <li>7. Адсорбционная хроматография. Виды адсорбционной хроматографии.</li> <li>8. Хроматограммы, основные характеристики.</li> <li>9. Качественный и количественный анализ в колоночной хроматографии.</li> <li>10. Плоскостная хроматография, её виды. Тонкослойная и бумажная хроматография. Хроматографическая подвижность.</li> </ol>
8	Электрохимические методы анализа.	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Сущность и классификация электрохимических методов анализа. Аналитический сигнал.</li> <li>12. Потенциометрия. Уравнение Нернста. Схема потенциометрической установки. Виды электродов.</li> <li>13. Теоретические основы потенциометрического анализа. Виды потенциометрии. Потенциометрическое титрование.</li> <li>14. Вольтамперометрия. Виды вольтамперометрии. Амперометрическое титрование.</li> <li>15. Принципы полярографии. Общий вид полярограммы. Полярографическая волна.</li> <li>16. Качественный и количественный полярографический анализ. Уравнение Ильковича.</li> <li>17. Основы кулонометрии. Законы Фарадея.</li> <li>18. Виды кулонометрии. Аппаратура и техника выполнения анализа.</li> <li>19. Кондуктометрический анализ, виды кондуктометрии.</li> <li>20. Кондуктометрическое титрование, виды кривых кондуктометрического титрования.</li> </ol>

**Вопросы для проведения промежуточной аттестации  
2 семестр, экзамен  
Теоретические вопросы**

1. Предмет и задачи аналитической химии. Химический анализ и его значение.

2. Общая характеристика и классификация методов анализа.
3. Основные этапы анализа. Аналитический сигнал.
4. Аналитические классификации катионов.
5. Аналитические классификации анионов?
6. Закон действующих масс в аналитической химии, границы применимости.
7. Константа равновесия в кажущейся и термодинамической формах.
8. Константа диссоциации как частный случай константы равновесия (на конкретных примерах с использованием справочных данных).
9. Активность и коэффициент активности, ионная сила раствора: вычисление, связь с коэффициентом активности (формула Дебая - Хюккеля).
10. Сущность титриметрического анализа.
11. Требования к реакциям, применяемым в титриметрии, их типы.
12. Молярная масса эквивалента вещества: понятие и вычисление. Зависимость величины эквивалента от характера реакции, в которую вступает вещество.
13. Закон эквивалентов и правило пропорциональности.
14. Точка эквивалентности и конечная точка титрования, методы установления.
15. Способы выражения концентрации растворов: молярность, нормальность, титр стандартного раствора, титр по определяемому веществу; их вычисление.
16. Точность определений в объемном анализе. Роль поправочного коэффициента в расчетах. Стандартные растворы.
17. Способы титрования: их сущность, примеры.
18. Приготовление титрованного раствора щелочи по точной навеске и установка его титра методом пипетирования и методом отдельных навесок.
19. Расчеты в титриметрическом анализе: расчет навески, содержания определяемого вещества в зависимости от способа титрования.
20. Общая характеристика метода нейтрализации, рабочие растворы и определяемые вещества.
21. Кислотно-основные индикаторы, причины изменения их окраски.
22. Основные характеристики кислотно-основных индикаторов: интервал перехода и показатель титрования, связь с константой диссоциации индикатора.
23. Механизм действия кислотно-основных индикаторов. Ионно-хромофорная теория индикаторов.
24. Выбор индикаторов по  $\Delta pH$ ,  $pT$  и кривой титрования с использованием справочных таблиц.
25. Ионное произведение воды. Понятия  $pH$ ,  $pOH$ ,  $pK$ .
26. Буферные растворы и их роль в анализе. Механизм действия, буферная емкость, примеры буферных растворов.
27. Общая характеристика кривых кислотно-основного титрования.
28. Построение и анализ кривой титрования слабой кислоты сильным основанием с выбором индикатора.
29. Построение и анализ кривой титрования слабого основания сильной кислотой с выбором индикатора.
30. Индикаторные ошибки в кислотно-основном титровании, их типы.
31. Вычисление  $pH$  водных растворов слабых кислот, вывод формулы.
32. Вычисление  $pH$  водных растворов слабых оснований, вывод формулы.
33. Вычисление  $pH$  кислотного буферного раствора, вывод формулы.
34. Вычисление  $pH$  основного буферного раствора, вывод формулы.
35. Вычисление  $pH$  солей, гидролизующихся по аниону; вывод формулы.
36. Вычисление  $pH$  солей, гидролизующихся по катиону; вывод формулы.
37. Классификация методов редоксиметрии, их краткая характеристика.
38. Окислительно-восстановительный потенциал, его вычисление. Уравнение Нернста. Нормальный редокс-потенциал.

39. Кривые титрования в перманганатометрии, расчет редокс-потенциала в различные моменты титрования.
40. Способы фиксирования точки эквивалентности в окислительно-восстановительных методах.
41. Редокс-индикаторы: характеристика, механизм действия, примеры. Интервал перехода редокс-индикаторов.
42. Основы перманганатометрии: характеристика метода, рабочие растворы и определяемые вещества, условия проведения анализа.
43. Основы иодометрии: характеристика, рабочие растворы и определяемые вещества, условия проведения.
44. Автокаталитические реакции в перманганатометрии (на примере взаимодействия с оксалат-ионами).
45. Использование косвенного и обратного способа титрования в перманганатометрии.
46. Использование косвенного и обратного способа титрования в иодометрии.
47. Сущность метода комплексонометрии. Типы комплексонов и их строение.
48. Определение общей жесткости воды комплексонометрическим методом. Химизм комплексонометрического титрования.
49. Металлоиндикаторы. Эриохром черный Т, его строение и механизм действия.
50. Общая характеристика гравиметрического анализа. Основные операции весовых определений (на конкретном примере).
51. Расчет навески анализируемого вещества.
52. Выбор осадителя, расчет его объема для оптимального осаждения.
53. Оптимальные условия осаждения кристаллических и аморфных осадков.
54. Осаждаемая и весовая формы, их получение и требования, предъявляемые к ним.
55. Фильтрация и промывание осадков. Выбор промывной жидкости и фильтров. Декантация.
56. Применение з.д.м. к системе "осадок - раствор". Произведение растворимости (ПР) и произведение активности (ПА).
57. Вычисление растворимости по ПР (и наоборот) различных типов малорастворимых соединений.
58. Действие разноименных ионов на растворимость. Солевой эффект (с выводом).
59. Вычисление результатов весовых определений. Фактор пересчета в гравиметрии, его вычисление.
60. Условие образования осадка (на примере). Насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные растворы

### Практические вопросы

1. Навеска мрамора 0,5668 г растворена в 30,00 мл HCl ( $T = 0,02871$ ). На титрование избытка HCl израсходовано 14,10 мл 0,8818 н NaOH. Определить массовое содержание примесей в образце (в %).
2. Навеску 0,5500 г  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  растворили в 500 мл, затем отобрали 50 мл добавили 20,00 мл раствора KOH, а избыток последнего оттитровали 15,14 мл 0,1 н раствора HCl. Найти титр KOH.
3. К 25,00 мл раствора KOH неизвестной концентрации прибавлено 50,00 мл раствора  $H_2SO_4$  ( $K=0,9500$ , 0,1 н). На титрование избытка кислоты израсходовано 28,90 мл раствора NaOH ( $K = 0,8570$ , 0,1 н). Какова нормальность раствора KOH?
4. К 20,00 мл раствора HCl неизвестной концентрации прилито 25,00 мл раствора KOH ( $K=0,8000$ , 0,1 н). Для обратного титрования избытка щелочи пришлось израсходовать 1,55 мл раствора  $H_2SO_4$  ( $K=1,200$ , 0,1 н). Определить  $K(HCl)$  к 0,1 н.
5. Навеску 1,5 г технического  $(NH_4)_2SO_4$  растворили в мерной колбе вместимостью 250 мл; 25,00 мл этого раствора прокипятили с концентрированной щелочью. Выделившейся при этом аммиак поглощен 40,00 мл 0,1040 н. раствора серной кислоты, а на обратное

- титрование израсходовано 25,00 мл 0,0970 М раствора NaOH. Вычислить массовую долю аммиака в навеске  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
6. На титрование 10 мл 0,1 н. раствора щавелевой кислоты пошло 9,80 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ . Вычислите нормальность и титр раствора  $\text{KMnO}_4$ .
  7. Для 0,1005 н. раствора  $\text{KMnO}_4$  используемого для титрования в кислой среде, найти: а) молярную концентрацию; б) титр по железу.
  8. На титрование раствора щавелевой кислоты израсходовано 20,15 мл раствора перманганата калия с титром по щавелевой кислоте, равным 0,003320 г/мл. Рассчитайте массу щавелевой кислоты.
  9. Навеску известняка массой 0,2041 г растворили в соляной кислоте и осадили кальций, израсходовав 50 мл 0,1 н. раствора щавелевой кислоты. Осадок оксалата кальция отфильтровали. На титрование фильтрата израсходовали 26,50 мл 0,05 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитайте массовую долю кальция в анализируемом известняке.
  10. Определить титр раствора йода, если 20 мл его оттитрованы 21,55 мл раствора тиосульфата натрия с концентрацией 0,1 моль-экв/л.
  11. Рассчитайте навеску тиосульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), необходимую для приготовления 250 мл раствора с концентрацией: а) 0,05 моль-экв/л; б) с  $T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 0,01000 \text{ г/см}^3$ .
  12. К подкисленному серной кислотой раствору иодида калия добавили 20,00 мл 0,1085 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . На титрование выделившегося йода пошло 23,45 мл раствора тиосульфата натрия. Вычислить молярную концентрацию раствора тиосульфата  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .
  13. Сколько железа содержалось в глине, если на титрование выделившегося после прибавления в хале анализа иодида калия идет 10,00 мл 0,05 моль-экв/л раствора тиосульфата натрия, а для анализа взята навеска массой 0,5000 г?
  14. Рассчитайте нормальность тиосульфата натрия, если его титр равен 0,002484 г/мл.
  15. Навеска кристаллического йода 1,2287 г, очищенного возгонкой, раствора в колбе вместимостью 250 мл. Рассчитайте нормальную концентрацию раствора и его титр по тиосульфату натрия.
  16. Раствор  $\text{CaCl}_2$ , рН которого доведен до 12, оттитрован 20,50 см<sup>3</sup> 0,045 М раствора ЭДТА в присутствии мурексида. Рассчитать массу кальция в растворе.
  17. Чему равно содержание кальция в 500 мл насыщенного раствора, если  $\text{IP}_{\text{CaF}_2} = 4,0 \cdot 10^{-11}$ ?
  18. Сколько граммов ЭДТА  $\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  потребуется для приготовления 500 мл 0,020 М раствора?
  19. Рассчитать массовую долю карбонатов кальция и магния в известняке, если навеска его 0,9866 г. В результате анализа получено 0,3755 г CaO и 0,4105  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ?
  20. При гравиметрическом определении свинца из 2,0000 г сплава получено 0,6048 г  $\text{PbSO}_4$ . Вычислить массовую долю свинца в сплаве.

### 5 семестр, дифференцированный зачет Теоретические вопросы

1. Спектр и его характеристики. Энергетические диаграммы. Взаимодействия вещества с электромагнитным излучением (ЭМИ).
2. Диапазоны ЭМИ и их характеристика. Оптическая область спектра.
3. Спектроскопия, методы спектроскопии, атомные и молекулярные спектры.
4. Оптическая спектроскопия. Основные законы светопоглощения.
5. Основные приемы количественного анализа, используемые в спектроскопии.
6. Спектрофотометрия. Закон Бугера-Ламберта-Бера, молярный коэффициент поглощения. Отклонения от закона БЛБ.
7. Аппаратура и техника выполнения спектрометрического анализа. Качественный и количественный анализ. Достоинства и недостатки.
8. Нефелометрический и турбидиметрический анализ. Законы рассеивания света.
9. Атомно-абсорбционный спектральный анализ (ААС). Стадии анализа, термическая подготовка пробы. Закон БЛБ в ААС.
10. Атомно-эмиссионный спектральный анализ (АЭС). Уравнение Ломакина-Шайбе. Источники возбуждения в АЭС

11. Эмиссионная фотометрия пламени. Теоретические основы метода. Аппаратура и техника выполнения.
12. Люминесцентный метод. Типы и виды люминесценции.
13. Люминофоры. Блок-схема спектрофлуориметра.
14. Качественный и количественный люминесцентный анализ. Флуориметрия и фосфориметрия. Достоинства и недостатки.
15. ИК-спектроскопия. Теоретические основы метода. Аппаратура и техника выполнения.
16. ИК-спектроскопия. Качественный и количественный анализ.
17. ИК-спектры, принципы их расшифровки. Достоинства и недостатки ИК-спектроскопии.
18. ЯМР- спектроскопия. Теоретические основы метода ЯМР.
19. Устройство спектрометра. Достоинства и недостатки ЯМР-спектроскопии.
20. Основные характеристики и принципы расшифровки спектров ПМР.
21. Теоретические основы хроматографических методов анализа. Классификация хроматографических методов анализа.
22. Элюентная, фронтальная и вытеснительная хроматография: кривые выхода веществ при анализе.
23. Газовая хроматография, ее виды. Принципы и характеристики газо-адсорбционной и газожидкостной хроматографии.
24. Жидкостная хроматография, ее виды. Принципы и характеристики газожидкостной.
25. Ионообменная хроматография, классификация ионитов, схема ионного хроматографа.
26. Распределительная хроматография, ее виды. Принципы и характеристики газо-жидкостной и жидкостно-жидкостной хроматографии.
27. Адсорбционная хроматография. Виды адсорбционной хроматографии.
28. Хроматограммы, основные характеристики.
29. Качественный и количественный анализ в колоночной хроматографии.
30. Плоскостная хроматография, её виды. Тонкослойная и бумажная хроматография. Хроматографическая подвижность.
31. Сущность и классификация электрохимических методов анализа. Аналитический сигнал.
32. Потенциометрия. Уравнение Нернста. Схема потенциметрической установки. Виды электродов.
33. Теоретические основы потенциметрического анализа. Виды потенциометрии. Потенциметрическое титрование.
34. Вольтамперометрия. Виды вольтамперометрии. Амперометрическое титрование.
35. Принципы полярографии. Общий вид полярограммы. Полярографическая волна.
36. Качественный и количественный полярографический анализ. Уравнение Ильковича.
37. Основы кулонометрии. Законы Фарадея.
38. Виды кулонометрии. Аппаратура и техника выполнения анализа.
39. Кондуктометрический анализ, виды кондуктометрии.
40. Кондуктометрическое титрование, виды кривых кондуктометрического титрования.

### Практические вопросы

1. При титровании 50 мл HCl раствором KOH с концентрацией 2 моль-экв/л были получены результаты:

Объем раствора KOH, мл	3,2	6,0	9,2	15,6	20,0	23,4
Удельная электропроводность, См·см <sup>-1</sup>	3,1	2,6	1,8	1,6	2,4	2,9

Постройте кривую титрования и вычислите нормальность соляной кислоты.

2. Определите эквивалентную электропроводность раствора электролита AgNO<sub>3</sub>, находящегося в ячейке с электродами площадью  $S = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  и расстоянием между ними  $l = 10^{-2} \text{ м}$ , если



сопротивление и концентрация раствора равны соответственно  $R = 4,7$  Ом и  $C = 0,05$  моль/л.

3. При электролизе в течение некоторого времени  $\tau = 10$  мин выделяется  $m = 0,365$  г вещества, электрохимический эквивалент которого равен  $k = 1,97$  г/А·ч. Определите силу тока.
4. Определите концентрацию исследуемого раствора, если для стандартного раствора с известной концентрацией  $C = 5 \cdot 10^{-3}$  моль/л значение предельного диффузионного тока равно  $I_d = 25$  мкА, а для исследуемого  $I_x = 50$  мкА.
5. Определите время образования одной капли ртути, если масса ртути, равна 3 мг/с, коэффициент диффузии ионов двухвалентного металла равен  $0,15 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>, предельный ток металла  $I_d = 30$  мкА, концентрация ионов металла  $1,5 \cdot 10^{-3}$  моль/л.
6. Используя уравнение Кольрауша для водного раствора сильного электролита с известной концентрацией  $C = 0,5$  кмоль-экв/м<sup>3</sup>, определите эквивалентную электропроводность при бесконечном разведении, если эмпирическая постоянная уравнения  $a = 0,508$ , эквивалентная электропроводность равна  $\lambda = 9,9$  Ом<sup>-1</sup>·м<sup>2</sup>·кмоль-экв<sup>-1</sup>.
7. Какое количество электричества расходуется в ходе кулонометрического анализа, если масса вещества равна 0,25 г, а электрохимический эквивалент равен  $2 \cdot 10^{-3}$  г/А·с.
8. Пользуясь законом Фарадея, определите электрохимический эквивалент вещества, если химический эквивалент равен 8,97 г/моль-экв.
9. Чему равна концентрация ионов в массе раствора, если диффузионный ток равен 15 мкА, а коэффициент пропорциональности  $k_M$  равен  $7,5 \cdot 10^{-6}$ .
10. При полярографировании 10,0 мл раствора никотинамида получена волна высотой 38 мм. После добавления к этому раствору 1,50 мл стандартного раствора, содержащего 2,00 мг/мл никотинамида, волна увеличилась до 80,5 мм. Рассчитать содержание препарата (мг/мл) в анализируемом растворе.
11. В ходе кондуктометрического анализа была определена удельная электропроводность, равная  $1,15 \cdot 10^{-4}$  Ом<sup>-1</sup>·м<sup>-1</sup>. Какова концентрация исследуемого раствора, если молярная электропроводность равна  $8,5$  Ом<sup>-1</sup>·м<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>?
12. Построить кривую потенциометрического титрования в координатах  $\varphi - V$ . Рассчитать концентрацию CaCl<sub>2</sub> в растворе (г/л), если при титровании 20,0 мл анализируемого раствора раствором Hg<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с концентрацией 0,0500 моль-экв/л получили:

$V_{\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2}$ , мл	10,0	15,0	17,0	17,5	17,9	18,0	18,1	18,5	19,0
$\varphi$ , мВ	382	411	442	457	498	613	679	700	709

13. Определите величину предельного тока меди, если концентрация вещества равна  $4 \cdot 10^{-3}$  моль/л, коэффициент диффузии  $D = 0,9 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>, масса ртути, вытекающая из капилляра 3 мг/с, время образования одной капли  $\tau = 4$  с.
14. Определите константу диссоциации 0,0218 моль-экв/л раствора NH<sub>4</sub>OH, если удельная электропроводность раствора равна  $2,04 \cdot 10^{-3}$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>2</sup>, а эквивалентная электропроводность при бесконечном разведении  $\lambda_\infty$  равна  $281$  Ом<sup>-1</sup>·моль-экв<sup>-1</sup> см<sup>2</sup>.
15. Определите электрохимический эквивалент трехвалентного металла, если в процессе электролиза за 3,5 минуты выделилось 0,2752 г металла при силе тока 3 А.
16. Значения  $R_f$  при хроматографическом разделении ионов на бумаге в среде бутанола, насыщенного 2 М раствором HCl составляют: Cd – 0,6; Zn – 0,6; Bi – 0,5; Al – 0,1. Какие из ионов не могут быть четко идентифицированы из смеси: а) Zn, Al; б) Cd, Zn; в) Bi, Al?
17. Смещение зоны компонента в бумажной хроматографии равно 54 мм, а смещение фронта растворителя равно 61 мм. Чему равна хроматографическая подвижность?
18. Известно, что через колонку с катионитом пропустили 400 мл раствора кальция с концентрацией 0,06 моль-экв/л. В порциях элюата по 50 мл получили ряд значений концентраций  $C_i$ . Определите массу катионита, если его динамическая емкость равна  $1,12 \cdot 10^{-3}$  моль-экв/г.

Проба элюата	1	2	3	4	5	6
--------------	---	---	---	---	---	---

$C_i$ , моль-экв/л	0,018	0,022	0,031	0,043	0,060	0,060
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

19. Для количественного определения аминокислоты в анализируемом образце использовали метод тонкослойной хроматографии. Для стандартных образцов получены следующие результаты:

Концентрация аминокислоты, мкг/0,01 мл	5,0	10,0	15,0
Площадь пятна, мм <sup>2</sup>	14,1	23,6	36,2

Для построения калибровочного графика использована зависимость площади пятна от концентрации аминокислоты. Навеску массой 1,008 г растворили в мерной колбе вместимостью 100 мл. Затем 0,01 мл раствора хроматографировали методом ТСХ и получили пятно площадью 18,6 мм<sup>2</sup>. Определите массовую долю аминокислоты в анализируемой навеске.

20. Скорость потока газа-носителя гелия составляет 30 см<sup>3</sup>/мин. Определите удерживаемый объем оксида углерода СО на данной колонке, если время удерживания гелия 40 с, оксида углерода – 6 мин. Гелий на данной колонке практически не сорбируется.
21. Рассчитать массовую долю (%) компонентов газовой смеси по следующим данным, полученным методом газовой хроматографии:

Газ	S, мм <sup>2</sup>	k
Бензол	20,6	0,78
Толуол	22,9	0,79
Этилбензол	30,5	0,82
Кумол	16,7	0,84

22. Ширина основания хроматографического пика этанола составляет 20 мм. Число теоретических тарелок для этанола на данной колонке равно 2000. Скорость движения диаграммной ленты самописца 1200 мм/ч. Вычислить время удерживания этанола.
23. При определении этилового спирта методом газовой хроматографии измерили высоту пиков в зависимости от массы спирта и получили следующие данные:

$m$ , мг	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$h$ , мм	18	37	48	66	83

Для 0,02 г исследуемого раствора получен пик высотой 57 мм. Вычислить массовую долю (%) этилового спирта.

24. Через колонку, заполненную катионитом массой 10 г, пропустили 250,0 мл. Выходящие из колонки порции раствора по 50,0 мл титровали 0,1 н. раствором тиосульфата натрия Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $f_{\text{экв}} = 1$ ) и получили следующие результаты:

Порция раствора	1	2	3	4	5
Расход тиосульфата на титрование, мл	0	12,00	25,00	39,20	39,20

Вычислить динамическую емкость (ммоль/г) катионита по меди, если молярная масса эквивалента составляет  $M(1/2 \text{Cu}^{2+})$ .

25. Ширина основания хроматографического пика азота составляет 12 мм. Расстояние на хроматограмме от момента введения пробы до середины пика азота составляет 14 см. Вычислить число теоретических тарелок в данной колонке.

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем**

Курсовые проекты и курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

В соответствии с учебным планом выдается расчетно-графическое задание «Расчет и построение кривой титрование в методе нейтрализации». На РГЗ предусмотрено 18 часов самостоятельной работы. Цель РГЗ научиться выводить расчетные формулы для вычисления рН растворов различного состава – сильных и слабых кислот и оснований, гидролизующихся солей и буферных растворов, а также использовать эти формулы в расчетах для построения кривых кислотно-основного титрования разных типов. Студенты должны научиться правильно подбирать индикатор для фиксирования точки эквивалентности и оценивать ошибки титрования. Выдается индивидуальное задание по варианту с расчетом рН в различные моменты титрования с учетом состава титруемого раствора и выбором кислотно-основных индикаторов.

## **5.4. Перечень контрольных работ**

Контрольные работы не предусмотрены учебным планом.

# **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

## **6.1. Перечень основной литературы**

1. Дробницкая, Н. В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Химические методы анализа: конспект лекций: учебное пособие / Н.В. Дробницкая. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 166 с.
2. Дробницкая, Н. В. Аналитическая химия (химические методы анализа): учебное пособие – Белгород: изд-во БГТУ, 2015. –179 с.
3. Полуэктова, В. А. Лабораторный практикум по качественному и количественному анализу : учеб. пособие для студентов направления подготовки бакалавриата 18.03.01 / В. А. Полуэктова, Л. В. Денисова. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. – 263 с.
4. Дробницкая Н.В., Щеголева Т.Н. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Химические методы анализа (количественный анализ). Тестовые задания для защиты лабораторных работ. Б., БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009.
5. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: Учеб. пособие / И. В. Тикунова, Н. В. Дробницкая, А. И. Артеменко и др. М.: Высш. Шк., 2009. – 413 с.

## **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Васильев, В. П. Аналитическая химия. Кн.1. Титриметрические и гравиметрический методы анализа. – М.: Дрофа, 2007.
2. Васильев, В. П. Аналитическая химия. Кн.2. Физико-химические методы анализа. – М.: Дрофа, 2005.
3. Васильев, В.П. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова. – М.: Дрофа, 2003.
4. Poluektova, V. A. Analytical chemistry and physycal-chemical methods of analysis : учебное пособие / Белгород: Изд-во БГТУ, 2010.

5. Слюсарь, А. А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Ч. 2. Физико-химические методы анализа: Учеб. пособие / О. А. Слюсарь, В. А. Полуэктова – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 150 с.
6. Валова (Копылова), В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: практикум / В. Д. Валова (Копылова), Е. И. Паршина. – М.: Дашков и К, 2015. –199 с. <http://www.iprbookshop.ru/10905>.
7. Трифонова, А. Н. Аналитическая химия: учебное пособие / А. Н. Трифонова, Мельситова И.В. М.: Вышэйшая школа, 2013. – 161 с. <http://www.iprbookshop.ru/24051>.
8. Кукина, О.Б. Аналитическая химия: учебное пособие / О. Б. Кукина, О. В. Слепцова, Е. А. Хорохордина, О. Б. Рудаков В.: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.– 162 с. <http://www.iprbookshop.ru/30833>.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Научно-техническая библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова <http://ntb.bstu.ru/>
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>
3. Каталог ссылок на файлы с электронными книгами <http://www.y10k.ru/books/>
4. Российский химико-аналитический портал <http://www.anchem.ru/literature/>
5. Портал Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.su/rus>
6. Электронные химические библиотеки <http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>
7. Российский научный журнал «Успехи химии» <http://www.uspkhim.ru/>

### 6.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Microsoft Windows 7 and Windows Server 2008 R2 Service Pack, договор № №63-14к от 02.07.2014.
2. Microsoft Office Professional 2013, договор № 31401445414 от 25.09.2014
3. Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows, лицензия № 17E0170707130320867250
4. GoogleChrome Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
5. MozillaFirefox Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Реализация программы учебной дисциплины требует наличия специально оборудованных кабинетов и лабораторий.

Организация лекционных занятий проводится на базе специализированной аудитории 325ЛК, оснащенной компьютеризированным комплексом рабочего места преподавателя, презентационной техникой, имеется комплект электронных презентаций и учебных фильмов.

Лабораторные занятия ведутся в специализированных учебных лабораториях №413, 308 кафедры теоретической и прикладной химии, оборудованной в соответствии с требованиями, предъявляемыми к учебным химическим лабораториям. В лабораториях имеются необходимые химическая посуда и химреактивы, приборы и оборудование:

- в лаборатории аналитической химии 413 УК2 имеются водяные и песчаные бани, электроплитки; аналитические весы марок ВЛКТ-500, ВЛП-200, ВЛА-200, электронные химико-аналитические весы ВК-600; сушильные шкафы СНОЛ; муфельная печь; термокамера ЛУ; центрифуга ЦЛМ; дистиллятор АЭ-15.
- в лаборатории физико-химических методов анализа 308 УК2 имеются фотоэлектроколориметры КФК-2М, КФК-3М, ФЭК-56М; анализатор «ЭКОТЕСТ-01»; аквадистиллятор АДЭ-15; спектрофотометр; мост переменного тока; потенциометр ИВ-79; ПЭВМ Р-133; центрифуги ЛЗ-418, ЦЛС-31М; шкаф сушильный LF-404;

электролизеры лабораторные ЕР-4; весы ВЛКТ-500; иономеры ЭВ-76; иономеры И-500; рН-метры рН-150М; рефрактометр ИРВ-454БМ.

В компьютерном классе 327 УК2 имеется соответствующее программное обеспечение для экспресс-контроля теоретических знаний в форме тестирования.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2017/2018 учебный год с изменениями по следующим разделам:

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Полуэктова В. А., Основы аналитической химии. Химические методы анализа : учебное пособие / В. А. Полуэктова, Н. В. Дробницкая. – Белгород: изд-во БГТУ, 2017. –129 с.
2. Полуэктова, В. А. Лабораторный практикум по качественному и количественному анализу : учеб. пособие для студентов направления подготовки бакалавриата 18.03.01 / В. А. Полуэктова, Л. В. Денисова. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. – 263 с.
3. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов очной формы обучения направления 18.03.01 –Химическая технология / сост.: В.А. Полуэктова, Н.В. Дробницкая. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 26 с.
4. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: Учеб. пособие / И. В. Тикунова, Н. В. Дробницкая, А. И. Артеменко и др. М.: Высш. Шк., 2009. – 413 с.

Протокол № 1 заседания кафедры от «31» августа 2017 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Павленко В.И.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ Павленко В.И.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018 /2019 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «21» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  В.И. Павленко  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  В.И. Павленко  
подпись, ФИО

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение №1

#### Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

В настоящее время аналитическая химия пользуется многочисленными и разнообразными методами анализа. После изучения дисциплины студент должен знать природу и сущность явлений, процессов, лежащих в основе химических и физико-химических методов анализа; специфичность аналитического сигнала и особенности его измерения в различных методах анализа; основные положения учета погрешностей на всех стадиях выполнения анализа и расчета результатов анализа с учетом метрологических характеристик; основные положения, лежащие в основе выбора метода анализа и схемы анализа.

После изучения дисциплины студент должен уметь выполнять основные химические операции; выбирать метод анализа для заданной аналитической задачи и оценивать возможность каждого метода анализа; работать на аналитических установках и приборах; выполнять качественный и количественный анализ химическими или физико-химическими методами; строить кривые титрования; проводить статистическую обработку результатов аналитических определений; интерпретировать результаты анализа.

После изучения дисциплины студент должен владеть методиками проведения исследований с помощью химических и современных физико-химических методов; методами обработки результатов, необходимых для идентификации химических соединений; приемами поиска необходимых данных с использованием библиотечных фондов и Интернет-ресурсов.

Исходный этап изучения курса «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» предполагает ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, периодического тестирования, решений задач. К выполнению лабораторных работ допускаются после получения допуска к работе. К защите каждой работы студент решает задачи по соответствующей теме и изучает теоретический материал. Защита проходит в форме устной беседы. Формой промежуточного контроля 2 семестра является экзамен, 5 семестра – дифференцированный зачет.

#### 2 семестр

*Введение в аналитическую химию. Качественный анализ. Основы титриметрии.*

Первый раздел, посвящен предмету аналитической химии, рассмотрению классификации методов анализа качественного и количественного анализа. Задачей этого раздела является формирование у учащихся знаний о существующих методах анализа, основных этапах анализа, выборе метода анализа. Изучение данного раздела необходимо для успешного освоения всех последующих. В лекционном материале рассматриваются основные химические законы и понятия необходимые для понимания сущности химических методов анализа. Студенты должны знать отличие титриметрии от гравиметрии, классификацию и сущность титриметрических методов анализа, уяснить технику использования титриметрических методов анализа и способы титрования: прямое, обратное, косвенное. Также в лекционном материале приводятся требования к реакциям, используемым в титриметрии, даются понятия точки эквивалентности и конечной точки титрования и многое другое. Освоив материал данного раздела, студенты должны уметь использовать расчетные формулы для расчета навески, концентрации, результатов определения в зависимости от способа титрования, должны научиться проводить расчеты при решении практических задач.

*Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации).*

Второй раздел посвящен кислотно-основному титрованию. В лекционном материале даётся общая характеристика метода нейтрализации, используемые рабочие растворы и определяемые вещества. Понятия и расчет pH, pOH, pK. Буферные растворы и их роль в анализе. Механизм действия, буферная емкость, примеры буферных растворов. Примеры кислотно-основных индикаторов, их основные характеристики и механизм действия, причины



изменения их окраски. Общая характеристика кривых кислотно-основного титрования. Построение и анализ кривой титрования слабой кислоты сильным основанием с выбором индикатора.

Освоив материал данного раздела, студенты должны понимать сущность и возможности использования в анализе метода нейтрализации, научиться готовить рабочие растворы в алкали- и ацидиметрии, устанавливать их титр различными способами с применением основных кислотно-основных индикаторов.

*Окислительно-восстановительное титрование (метод редоксиметрии).*

При изучении данного раздела рассматривается классификация методов редоксиметрии и их краткая характеристика. Окислительно-восстановительный потенциал, его вычисление, уравнение Нернста, нормальный редокс-потенциал. Кривые титрования и способы фиксирования точки эквивалентности в окислительно-восстановительных методах. Редокс-индикаторы: характеристика, механизм действия, примеры. Интервал перехода редокс-индикаторов. Основы перманганатометрии: характеристика метода, рабочие растворы и определяемые вещества, условия проведения анализа. Автокаталитические реакции в перманганатометрии (на примере взаимодействия с оксалат-ионами). Основы иодометрии: характеристика, рабочие растворы и определяемые вещества, условия проведения.

Освоив материал данного раздела, студенты должны знать классификацию и теоретические основы окислительно-восстановительного титрования, уметь использовать уравнение Нернста для расчета редокс-потенциала любой окислительно-восстановительной системы и научиться проводить расчеты при решении практических задач с использованием окислительно-восстановительных методов, уметь использовать методы редоксиметрии в анализе строительных материалов.

*Комплексометрия. Основы гравиметрического анализа.*

При изучении данного раздела объясняется сущность метода комплексометрии, приводятся типы комплексонов и их строение. Рассматривается методика определения общей жесткости воды комплексометрическим методом, химизм комплексометрического титрования, металлоиндикаторы на примере эриохрома черного Т, его строение и механизм действия. В лекционном материале дается общая характеристика гравиметрического анализа. Основные операции весовых определений (на конкретном примере): расчет навески анализируемого вещества, выбор осадителя, расчет его объема для оптимального осаждения. Оптимальные условия осаждения кристаллических и аморфных осадков. Осаждаемая и весовая формы, их получение и требования, предъявляемые к ним. Фильтрование и промывание осадков. Выбор промывной жидкости и фильтров. Декантация. Применение з.д.м. к системе "осадок - раствор". Произведение растворимости (ПР) и произведение активности (ПА). Вычисление растворимости по ПР (и наоборот) различных типов малорастворимых соединений. Действие разноименных ионов на растворимость. Солевой эффект (с выводом). Вычисление результатов весовых определений. Фактор пересчета в гравиметрии, его вычисление. Условие образования осадка (на примере). Насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные растворы.

Освоив материал данного раздела, студенты должны знать строение важнейших комплексонов, их приготовление и стандартизацию, сущность и химизм комплексометрического титрования, роль среды и фиксирование точки эквивалентности в комплексометрии, строение и механизм действия важнейших металлоиндикаторов. Студенты должны также знать правило произведения растворимости и произведения активностей для гетерогенных систем и научиться использовать это правило в химическом анализе в методах осаждения и гравиметрии, уметь вычислять по величине ПР растворимость малорастворимых соединений, знать и уметь использовать в анализе влияние одно- и разноименных ионов на растворимость различных соединений, понимать основы гравиметрического анализа и его отличие от титриметрии, знать условия получения, фильтрования и промывания осадков разной структуры и использовать теоретические знания для решения практических задач.

## **5 семестр**

Для изучения физико-химических методов анализа необходимы достаточно глубокие знания по математике, физике, органической, физической химии. Для лучшего понимания сущности проведения физико-химических методов анализа рекомендуется использование

видеоматериалов. Изучение предмета необходимо начинать с усвоения материала лекций. Изучать материал следует в тот же день, повторив записанное во время лекций и дополнив его материалом из соответствующей учебной литературы.

*Введение в спектроскопию. Оптические методы анализа.*

Данный раздел посвящен введению в инструментальные методы анализа и рассмотрению существующей классификации. При изучении данного раздела необходимо четко представлять, какие законы лежат в основе методов анализа. В лекционном материале дается введение в спектроскопию: рассматриваются характеристики спектра, сущность взаимодействия вещества с электромагнитным излучением, диапазоны ЭМИ и их характеристика. Оптическая область спектра. Даются основы атомной и молекулярной спектроскопии. Рассматривается оптическая спектроскопия, основные законы светопоглощения, основные приемы количественного анализа, используемые в спектроскопии, аппаратура и техника выполнения спектрометрического анализа, качественный и количественный анализ. Нефелометрический и турбидиметрический анализ. Законы рассеивания света. Атомно-абсорбционный спектральный анализ (ААС). Стадии анализа, термическая подготовка пробы. Закон БЛБ в ААС. Атомно-эмиссионный спектральный анализ (АЭС). Уравнение Ломакина-Шайбе. Источники возбуждения в АЭС. Эмиссионная фотометрия пламени. Люминесцентный метод. Типы и виды люминесценции. Люминофоры. Качественный и количественный люминесцентный анализ. Флуориметрия и фосфориметрия. Достоинства и недостатки методов.

*Современные спектроскопические и другие методы анализа.* В данном разделе изучаются основы ИК-спектроскопии, принцип действия ИК-спектрометра, качественный и количественный анализ в ИК-спектроскопии, расшифровка структуры соединений методом ИК-спектроскопии, фурье-спектроскопия и ее особенности. Изучаются теоретические основы ЯМР-спектроскопии, принципы и условия ЯМР, химический сдвиг сигналов ЯМР, спин-спиновое взаимодействие и мультиплетность сигналов, принцип действия ЯМР-спектрометра, качественный и количественный анализ ЯМР. Протонный магнитный резонанс (ПМР). Основы рефрактометрии, на каких свойствах света основан метод рефрактометрического анализа, от каких факторов зависит величина показателя преломления, рефрактометрический анализ двойных смесей. Основы термического анализа, принципы дифференциально-термического анализа, почему необходим ДТА и почему нельзя воспользоваться прямой записью температуры, определение тепловых эффектов методов ДТА, принципы термогравиметрического анализа (ТГА). Теоретические основы рентгеноструктурного анализа, явление дифракции. Формула Вульфа-Брэгга, основные методы рентгеноструктурного анализа (метод Лауэ, метод вращения монокристалла, метод порошка).

*Хроматографические методы анализа.* В данном разделе рассматриваются теоретические основы хроматографических методов анализа, классификация хроматографических методов анализа, элюентная, фронтальная и вытеснительная хроматография, кривые выхода веществ при анализе, газовая хроматография, ее виды, жидкостная хроматография, ее виды, принципы и характеристики газожидкостной, ионообменная хроматография, классификация ионитов, схема ионного хроматографа, распределительная хроматография, ее виды. Адсорбционная хроматография. Виды адсорбционной хроматографии. Хроматограммы, основные характеристики. Качественный и количественный анализ в колоночной хроматографии. Плоскостная хроматография, её виды. Тонкослойная и бумажная хроматография. Хроматографическая подвижность.

*Электрохимические методы анализа.*

Данный раздел посвящен изучению сущности и классификации электрохимических методов анализа. Изучаются следующие методы: потенциометрия, схема потенциометрической установки. Теоретические основы потенциометрического анализа. Виды потенциометрии. Потенциометрическое титрование. Вольтамперометрия. Виды вольтамперометрии. Амперометрическое титрование. Принципы полярографии. Общий вид полярограммы. Полярографическая волна. Качественный и количественный полярографический анализ. Уравнение Ильковича. Основы кулонометрии. Законы Фарадея. Виды кулонометрии. Аппаратура и техника выполнения анализа. Кондуктометрический анализ, виды кондуктометрии. Кондуктометрическое титрование, виды кривых кондуктометрического титрования.