

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института


С.Н. Авдеев
« 30 »  2021 г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

направление подготовки / специальность
18.03.01 «Химическая технология»

направленность (профиль) подготовки
Технология и переработка полимеров

г. Владимир 2021 г

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является обучение студентов теоретическим основам и практическим навыкам химического анализа.

Задачи: овладение методами аналитической химии, методами расчета результатов эксперимента, методами интерпретации полученных результатов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» относится к дисциплинам базовой части учебного плана дисциплин по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (квалификация «бакалавр»).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1	Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящие в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении веществ, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.	<i>Знать:</i> механизм химических процессов, протекающих в окружающем мире. <i>Уметь:</i> использовать знания строения вещества, природы химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов <i>Владеть:</i> теорией строения вещества и природы химической связи.	Вопросы
ОПК-2	Способен использовать математические, физические, физико-химические методы для решения задач профессиональной деятельности	<i>Знать:</i> основы методов анализа, методы статистической обработки результатов эксперимента. <i>Уметь:</i> проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции. <i>Владеть:</i> основами математической обработки результатов анализа.	Вопросы

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет:

очная форма обучения - 9 зачетных единиц, 324 часа

заочная форма обучения (полное, 5 лет) – 5 зачетных единиц, 180 часов

заочная форма обучения (ускоренное, 3г 6 м) – 6 зачетных единиц, 216 часов

заочная форма обучения (ускоренное, 3 г) – 5 зачетных единиц, 180 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки?		
1	Введение, основные понятия и термины. Методы анализа	2	1-3	4				20	
2	Титриметрия	2	4-7	4		6		30	Рейтинг-контроль № 1
3	Электрохимические методы анализа	2	8-9	4		12		40	
4	Спектроскопические методы анализа	2	10-14	4		12		90	Рейтинг-контроль № 2
5	Основные объекты анализа	2	15-18	2		6		45	Рейтинг-контроль № 3
Итого по дисциплине		324		18		36		225	Экзамен, 45

**Тематический план форма обучения – заочная
(полное, 5 лет)**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия ³	Лабораторные работы	в форме практической подготовки ⁴		
1	Введение, основные понятия и термины. Методы анализа	2	1-3					20	
2	Титриметрия	2	4-7	2		4		22	Рейтинг-контроль № 1
3	Электрохимические методы анализа	2	8-9	2		4		35	
4	Спектроскопические методы анализа	2	10-14	2		2		35	Рейтинг-контроль № 2
5	Основные объекты анализа	2	15-18					25	Рейтинг-контроль № 3
Итого по дисциплине		180		6		10		137	Экзамен, 27

**Тематический план форма обучения – заочная
(ускоренное, 3г 6 м)**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия ⁵	Лабораторные работы	в форме практической подготовки ⁶		
1	Введение, основные понятия и термины. Методы анализа	1	1-3					20	
2	Титриметрия	1	4-7					29	Рейтинг-контроль № 1
3	Электрохимические методы анализа	1	8-9					39	
4	Спектроскопические методы анализа	1	10-14					88	Рейтинг-контроль № 2
5	Основные объекты анализа	1	15-18					40	Рейтинг-контроль № 3
Итого по дисциплине			216					216	Зачет

**Тематический план форма обучения – заочная
(ускоренное, 3 г)**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия ⁷	Лабораторные работы	в форме практической подготовки ⁸		
1	Введение, основные понятия и термины. Методы анализа	1	1-3					20	
2	Титриметрия	1	4-7	2		4		30	Рейтинг-контроль № 1
3	Электрохимические методы анализа	1	8-9			4		40	
4	Спектроскопические методы анализа	1	10-14	2		2		90	Рейтинг-контроль № 2
5	Основные объекты анализа	1	15-18					45	Рейтинг-контроль № 3
Итого по дисциплине		180		4		10		139	Экзамен, 27

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение. Основные термины и определения аналитической химии

Тема 1. Предмет аналитической химии, ее структура. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения, повышение точности и избирательности, экспрессности анализа. Виды анализа.

Тема 2. Выбор метода анализа. Критерии выбора метода анализа. Классификация методов по способу получения аналитического сигнала

Раздел 2. Титриметрические методы анализа

Тема 1. Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент, молярная масса эквивалента, молярная концентрация. Первичные и вторичные стандарты. Фиксаналы. Виды кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых

титрования и величину скачка титрования в различных методах. Точка эквивалентности. Способы определения конечной точки титрования в различных методах.

Тема 2. Кислотно-основное титрование. Построение кривых титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований.

Тема 3. Комплексометрия. Этилендиаминтетраацетат натрия – титрант в комплексометрии. Металлоиндикаторы и требования к ним. Кривые титрования. Комплексометрическое определение жесткости воды. Определение постоянной и временной жесткости воды.

Раздел 3. Электрохимические методы анализа

Тема 1. Общая характеристика методов. Классификация. Потенциометрия. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Прямая потенциометрия. Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия. Классификация ионоселективных электродов. Характеристики ионоселективных электродов: электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Примеры практического применения ионметрии. Определение pH, ионов щелочных металлов, галогенид-ионов. Потенциометрическое титрование. Способы обнаружения конечной точки титрования в реакциях: кислотно-основных, комплексообразования, окисления-восстановления.

Раздел 4. Спектроскопические методы анализа

Тема 1. Спектры молекул, их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Представление о полной энергии молекул как суммы электронной, колебательной и вращательной. Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера-Ламберта-Бера) и закон излучения (Ломакина-Шайбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения. Классификация спектральных приборов, их характеристики. Приемники излучения.

Тема 2. Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром. Основной закон светопоглощения (закон Бугера-Ламберта-Бера). Связь оптической плотности с концентрацией. Способы получения окрашенных соединений. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним. Способы определения концентрации веществ. Примеры практического применения метода.

Раздел 5. Основные объекты анализа

Тема 1. Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, атмосферные осадки, почвы. Характерные особенности и задачи их анализа. Природные и синтетические органические вещества и элементорганические соединения, полимеры.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 2. Титриметрические методы анализа

Тема 2. Кислотно-основное титрование

Определение содержания кислоты в растворе титриметрическим методом.

Тема 3. Комплексометрия

Комплексометрическое определение жесткости воды.

Раздел 3. Электрохимические методы анализа
Потенциометрическое определение содержания нитратов в овощах и фруктах
Потенциометрическое определение содержания фторидов в воде

Раздел 4. Спектроскопические методы анализа
Фотометрическое определение содержания железа в растворе
Фотометрическое определение содержания меди в растворе
Фотометрическое определение содержания никеля в растворе

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3)

Рейтинг-контроль №1

1. Дайте определение аналитической химии как науки. Ее предмет, цели, задачи.
2. Как связана наука "аналитическая химия" с жизнью современного общества (наукой, производством, окружающей средой, медициной, качеством жизни).
3. Назовите основные этапы развития аналитической химии.
4. Как вы определите аналитические задачи (обнаружение, идентификация, определение, тестирование веществ)?
5. По каким принципам классифицируют методы аналитической химии (химические, физические, биологические; обнаружения, идентификации, определения; разделения и концентрирования; гибридные и комбинированные; прямые и косвенные методы)?
6. Метод и методика. Метрологические параметры методики: продолжительность, трудоемкость, стоимость, приборное обеспечение.
7. Дайте определение метрологических характеристик методов определения (чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, избирательность).

Рейтинг-контроль №2

1. Для чего нужны кривые потенциометрического титрования? Их виды и обработка.
2. Чем обусловлена высокая селективность твердых кристаллических мембран в потенциометрии?
3. Нарисуйте кривую потенциометрического титрования гидроксида натрия серной кислотой. Объясните ее ход и значение.
4. Нарисуйте кривую потенциометрического титрования карбоната натрия соляной кислотой. Объясните ее ход и значение.
5. В чем различие прямой и косвенной потенциометрии? Приведите примеры их использования.
6. Каково происхождение аналитического сигнала в электрохимических методах анализа?
7. Нарисуйте кривую потенциометрического титрования фосфорной кислоты гидроксидом натрия. Объясните ее ход и значение.
8. В стандартных растворах соли калия с концентрацией 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 М были измерены электродные потенциалы калий-селективного электрода относительно

хлоридсеребряного электрода и получены следующие значения 100; 46,0; -7,00; - 60,0 мВ . Навеску образца массой 0,2000 г, содержащего калий, растворили в воде и объем довели до 100 мл. Измерили электродный потенциал калийселективного электрода, получили значение 60 мВ. Вычислить массовую долю калия в образце.

9. Нарисуйте кривую кондуктометрического титрования уксусной кислоты гидроксидом натрия. Объясните ее ход и значение.

Рейтинг контроль № 3

1. Какими величинами характеризуются полосы поглощения в молекулярных абсорбционных спектрах?

2. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность.

3. При каких длинах волн следует измерять оптическую плотность растворов при фотометрическом анализе смеси веществ, если их спектры поглощения накладываются друг на друга?

4. Какой вариант спектрофотометрии следует выбрать, если главным требованием является а) быстрота выполнения, б) высокая точность при достаточно высоком содержании элемента, в) учет влияния фона?

5. Что используют в качестве раствора сравнения при дифференциальном способе измерения оптической плотности, если основной закон светопоглощения а) выполняется, б) не выполняется?

6. Способы определения концентрации в фотометрии.

7. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100 мл. К 5 мл раствора добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до 50 мл и фотометрируют при длине кюветы 1 см (молярный коэффициент светопоглощения равен $1,3 \cdot 10^3$). Вычислить массу навески стали, если оптическая плотность равна 0,435 а массовая доля никеля равна 0,5%.

8. Определить массовую долю цинка в муке, если навеску 10 г озолили и золу растворили в колбе на 100 мл. Для анализа отобрали 10 мл полученного раствора добавили необходимые реактивы, разбавили до 50 мл и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см, которая оказалась равной 0,5. Для построения градуировочного графика в мерные колбы на 50 мл ввели 2, 4, 6, 8, 10 мл стандартного раствора цинка с концентрацией 1 мкг/мл, добавили необходимые реактивы, довели колбы до метки водой и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см. Получили оптические плотности 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен), контрольные вопросы для подготовки к экзамену:

1. Предмет аналитической химии, ее структура.

2. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения, повышение точности и избирательности, экспрессности анализа. Виды анализа.

3. Выбор метода анализа. Критерии выбора метода анализа.

4. Классификация методов по способу получения аналитического сигнала

5. Рассчитайте рН 0,01%-ного раствора гидроксида натрия.

6. При определении железа в сточной воде объемом 200,0 мл его окислили до трехвалентного, осадили аммиаком, отделили от раствора и после растворения в соляной кислоте оттитровали 5,14 мл 0,005 М ЭДТА. Найти концентрацию железа в мг/л.

7. В чем различие точки эквивалентности и конечной точки титрования?

8. Рассчитайте рН 0,1 М раствора ацетата натрия ($K = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

9. Определить концентрацию (г/л) раствора $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл 0,01 М ЭДТА.

10. Сущность комплексонометрического и кислотно-основного определения жесткости воды. Какую жесткость определяют в первом и во втором случаях?

11. На чем основан принцип действия металлоиндикаторов в комплексонометрии?

12. Навеску пробы, состоящей только из железа и оксида железа(III) массой 0,2250 г растворили, восстановили железо и оттитровали 37,50 мл 0,0991 М раствора перманганата калия. Вычислить массовую долю (%) железа и оксида железа в пробе (ответ 74,18 % железа и 25,82% оксида).

13. Рассчитайте молярную массу эквивалента карбоната натрия при титровании соляной кислотой с фенолфталеином и метиловым оранжевым.

14. В чем различие индикаторов, применяемых в кислотно-основном и комплексонометрическом титровании?

15. Определить концентрацию (г/л) раствора нитрата висмута, если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл 0,06905 М раствора ЭДТА (ответ 23,54)

16. Потенциометрия. Электрод сравнения и индикаторный электрод.

17. Способы определения концентрации в потенциометрии.

18. Основы фотометрии. Закон Бугера-Ламберта-Бера.

19. Оптическая схема фотоколориметра и спектрофотометра.

20. Способы определения концентрации в фотометрии.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении вопросов, предусмотренных для самостоятельного изучения, подготовке к практическим занятиям и решению задач на них, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какими величинами характеризуются полосы поглощения в молекулярных абсорбционных спектрах?

2. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность.

3. При каких длинах волн следует измерять оптическую плотность растворов при фотометрическом анализе смеси веществ, если их спектры поглощения накладываются друг на друга?

4. Какой вариант спектрофотометрии следует выбрать, если главным требованием является а) быстрота выполнения, б) высокая точность при достаточно высоком содержании элемента, в) учет влияния фона?

5. Что используют в качестве раствора сравнения при дифференциальном способе измерения оптической плотности, если основной закон светопоглощения а) выполняется, б) не выполняется?

6. Способы определения концентрации в фотометрии.

7. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100 мл. К 5 мл раствора добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до 50 мл и фотометрируют при длине кюветы 1 см (молярный коэффициент поглощения равен $1,3 \cdot 10^3$). Вычислить массу навески стали, если оптическая плотность равна 0,435 а массовая доля никеля равна 0,5%.

8. Определить массовую долю цинка в муке, если навеску 10 г озолили и золу растворили в колбе на 100 мл. Для анализа отобрали 10 мл полученного раствора, добавили необходимые реактивы, разбавили до 50 мл и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см, которая оказалась равной 0,5. Для построения градуировочного графика в мерные колбы на 50 мл ввели 2, 4, 6, 8, 10 мл стандартного раствора цинка с концентрацией 1 мкг/мл, добавили необходимые реактивы, довели колбы до метки водой и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см. Получили оптические плотности 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0.

9. При определении железа в сточной воде объемом 200,0 мл его окислили до трехвалентного, осадили аммиаком, отделили от раствора и после растворения в соляной кислоте оттитровали 5,14 мл 0,005 М ЭДТА. Найти концентрацию железа в мг/л.

10. Рассчитайте рН 0,1 М раствора ацетата натрия ($K = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

11. Определить концентрацию (г/л) раствора $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл 0,01 М ЭДТА.

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентам рекомендуются следующие учебно-методические источники:

1. Васильев В.П. Аналитическая химия, в 2-х кн., М.: Дрофа, 2002.
2. Васильев В.П. Сборник задач по аналитической химии, М.: Дрофа, 2002.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Харитонов Ю. А. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ. Физико-химические методы	2014	10	http://www.studentlibrary.ru

анализа. М.: ГЭОТАР – Медиа, 2014. 656 с.			
2. Васильев В.П. Аналитическая химия, в 2-х кн., М.: Дрофа, 2002.	2002	50	http://www.studentlibrary.ru
3. Амелин В.Г. Аналитическая химия. Методические указания к лабораторным работам. Владимир. Изд-во ВлГУ, 1998.	1998	100	http://www.studentlibrary.ru
Дополнительная литература			
Основы аналитической химии. В 2-х кн. /Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2005.	2005	100	http://www.studentlibrary.ru

6.2. Периодические издания

Журнал аналитической химии. Аналитика.

Заводская лаборатория. Диагностика материалов.

6.3. Интернет-ресурсы

<http://anchem.ru>

<http://chemistry.narod.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа - 331-1, лабораторные работы проводятся в лаборатории физико-химических методов анализа - 429-1.

Рабочую программу составил Амелин В.Г. Amelin
(ФИО, подпись)

Рецензент с.н.с. лаборатории химического анализа ВНИИЗЖ,
к.х.н., Большаков Д.С. Boisakov
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии
Протокол № 01 от 30.08.21 года
Заведующий кафедрой Smirnova Смирнова Н.Н.
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической
комиссии направления 18.03.01 Химическая технология.

Протокол № 01 от 30.08.21 года
Председатель Panov Панов Ю.Т.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

