

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Направление подготовки 04.03.01 Химия

Направленность Химия

Квалификация выпускника: бакалавр

**Кострома
2021**

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические методы анализа» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденному приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 17 июля 2017 г. № 671.

Разработал: Силкин Сергей Андрисович, доцент кафедры химии, канд. техн. наук
подпись

Рецензент: Хитрова Валентина Ивановна, заместитель директора ФГБУ государственная станция агрохимической службы «Костромская», руководитель испытательной лаборатории, канд. с.-х. наук

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 7 от 19.05.2021 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 6 от 14.03.2022 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры химии:

Протокол заседания кафедры № 8 от 07.04.2023 г.

Заведующий кафедрой химии Кусманова Ирина Александровна, канд.пед.наук, доцент

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: сформировать способность понимать принципиальные основы, практические возможности и ограничения, важнейших для химиков физических методов исследования, знакомство с их аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента, умением интерпретировать и грамотно оценивать экспериментальные данные, в том числе публикуемые в научной литературе.

Задачи:

- сформировать представление о сущности различных физических методах при исследовании вещества;
- раскрыть основы различных физических методов исследования; принципы работы и устройство приборов;
- сформировать способность ориентироваться в разнообразии физических методов и о возможностях их применения к исследованию состава и структуры вещества;
- показать возможность применения теоретических основ физики и химии для объяснения основных закономерностей, положенных в основу анализа;
- сформировать навыки научно-исследовательской и научно-инновационной деятельности.

Направление воспитания, связанные с содержанием дисциплины: профессионально-трудовое и научно-образовательное воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен освоить *компетенции*:

ОПК-1: способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений;

ОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов;

ОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии;

ОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ОПК-2: способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием

ОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности;

ОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе

ОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основной приборный парк современной лаборатории;
- области применения теоретических основ физической химии и физико-химических методов

исследования для различных химических систем;

- основные литературные источники, в том числе интернет-ресурсы, отражающие современный уровень развития физических методов анализа.

- характер данных, получаемых с помощью этих методов;

- основные физические и физико-химические методы анализа: оптические и электрохимические.

- основной приборный парк современной лаборатории;

- области применения теоретических основ физической химии и физико-химических методов исследования для различных химических систем;

- характер данных, получаемых с помощью этих методов;

- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.

уметь:

- проводить стандартные физико-химические измерения и обсуждать полученные результаты;

- проводить физико-химические расчеты с помощью известных формул и уравнений, в том числе с помощью компьютерных программ;

- самостоятельно ставить задачу физического исследования в химических системах, а также выбирать оптимальные пути и методы решения подобных задач как экспериментальных, так и теоретических;

- обращаться с представленными на лабораторном практикуме типами аналитического оборудования;

- проводить стандартные физико-химические измерения и обсуждать полученные результаты;

- обрабатывать экспериментальную информацию и представлять ее в виде диаграмм, графиков, таблиц и др.;

- проводить физико-химические расчеты с помощью известных формул и уравнений, в том числе с помощью компьютерных программ;

- правильно представить результаты анализа в отчете о проделанной экспериментальной работе и их критическую оценку.

владеть:

- методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств

- методами и приемами использования теоретических основ химии для решения теоретических и практических задач в различных областях естествознания;

- методикой получения практической информации на основе имеющихся экспериментальных данных

- навыками работы с современными приборами и оборудованием для физико-химических исследований (иономер, фотоэлектроколориметр, кондуктометр, рН-метр и т. д.);

- методикой получения практической информации на основе имеющихся экспериментальных данных

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Физико-химические методы анализа» относится к обязательной части учебного плана. Изучается в 7 семестре.

Содержание дисциплины охватывает основные понятия химической термодинамики, вопросы теории растворов и фазовых равновесий, основы химической кинетики и катализа, механизма химических реакций, электрохимии. Особое внимание уделяется математическому аппарату, который позволяет адекватно описать физико-химические процессы и явления. Содержание курса физические методы анализа в максимально

возможной степени отражает современное состояние и уровень развития физико-химических методов анализа.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин и практики: «Безопасность продовольственных товаров», «Комплексная переработка природного сырья и промышленных отходов», «научно-исследовательской работе» «преддипломная практика», «защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты».

Дисциплины и иные компоненты ОП, формирующие указанные выше компетенции:

ОПК-1 (способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений) формируется при освоении дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез неорганических соединений», «Синтез органических соединений», «Основы биохимии»; при прохождении ознакомительной практики; при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

- ОПК-2 (способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием) формируется при освоении дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», «Высокомолекулярные соединения», «Синтез неорганических соединений», «Синтез органических соединений», «Основы химического эксперимента»; при прохождении ознакомительной практики; при подготовке к сдаче и при сдаче государственного экзамена; при подготовке к процедуре защиты и во время процедуры защиты выпускной квалификационной работы.

4. Объем дисциплины (модуля)

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего
Общая трудоемкость в зачетных единицах	5
Общая трудоемкость в часах	180
Аудиторные занятия в часах	118
Лекции часов	34
Лабораторные занятия в часах	84
Практическая подготовка	8
Самостоятельная работа в часах	59,65
Вид итогового контроля	Экзамен 7 семестр (0,35 часа) консультация к экзамену (2 часа)

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Количество часов
Лекции	34
Практические занятия	—
Лабораторные занятия	84
Консультации	2

Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	–
Всего	120,35

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий
5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные	
1	Введение, классификация методов	0,11/4	2	-	2
2	Оптические методы анализа	1,94/70	16	42	12
3	Электрохимические методы анализа	1,88/67,65	16	42	9,65
	Подготовка к экзамену	1/36	-	-	36
	ИКР (консультация к экзамену, экзамен)	0,065/2,35	-	-	-
	ВСЕГО:	5/180	34	84	59,65

5.2. Содержание:

РАЗДЕЛ 1: ВВЕДЕНИЕ. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ

Особенности физических методов исследования и физико-химических методов анализа (ФХМА). Классификация методов, их особенности. Экономическая оценка ФХМА. Роль методов в решении экологических вопросов. Относительный характер методов. Метрологическая характеристика аналитических методик. Погрешность результатов анализа и способы их представления.

РАЗДЕЛ 2: ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Электромагнитное излучение, его природа и спектр. Атомные и молекулярные спектры, их происхождение и вид. Абсорбционная и эмиссионная спектроскопия. Использование для анализа других видов взаимодействия вещества с электромагнитным излучением - рассеяния, преломления.

Абсорбционная молекулярная спектроскопия. Фотометрический анализ. Теоретические основы метода. Молекулярные спектры поглощения, способ их изображения. Происхождение спектров в видимой и ультрафиолетовой областях. Полоса поглощения и её характеристики. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Светопропускание. Молярный коэффициент светопоглощения, оптическая плотность. Причины отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера – химические и инструментальные. Правило аддитивности оптической плотности.

Основы количественного анализа веществ по светопоглощению. Определение по собственному поглощению, по поглощению комплексных и органических соединений (примеры). Выбор соединения, наиболее приемлемого для фотометрического анализа. Исследование условий образования окрашенного соединения (влияние прочности комплексного соединения, других ионов, рН, времени развития окраски). Выбор оптимальных условий фотометрического определения. Прямая и косвенная фотометрия. Основные методы нахождения концентрации вещества в фотометрическом анализе: метод молярного свойства, метод градуировочного графика, метод добавок, дифференциальная фотометрия – сущность, достоинства и недостатки.

Визуальные методы анализа: метод стандартных серий, колориметрическое титрование.

Их сущность и области применения, примеры.

Анализ двухкомпонентных систем. Фотометрическое титрование. Основные узлы приборов для фотометрического анализа, их типы и сравнительная характеристика. Фотометры, фотоэлектроколориметры, спектрофотометры – их оптические схемы. Принципы работы, назначение. Автоматические фотометрические титраторы. Их устройство и принцип действия. Применение ЭВМ и микропроцессоров в современных приборах, их возможности. Общая характеристика фотометрических методов анализа: предел обнаружения, точность, селективность, время определения. Способы повышения чувствительности и селективности. Области применения фотометрических методов анализа.

РАЗДЕЛ 3: ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Электрохимические методы анализа (ЭХМА), их общая основа, классификация. Техника эксперимента и основные узлы приборов для ЭХМА. Электрохимическая ячейка. Электролит в ячейке. Индифферентный электролит, его свойства и функции, требования к его составу и виду. Электроды в ячейке, их функции и требования к ним. Электроды металлические - I, II и III рода - принцип и конкретные примеры. Инертные электроды. Мембранные электроды, их устройство и принцип работы. Гомогенные и гетерогенные мембраны. Ионоселективные электроды, и их типы и основные характеристики (интервал следования электродной функции, предел обнаружения, время отклика, коэффициент селективности). Примеры ИСЭ различных типов, их достоинства и недостатки.

Измерение электрических свойств, используемых для анализа (электрическая проводимость, сила тока, ЭДС, заряд). Принципы измерения, схемы и приборы.

Методы анализа прямые и косвенные, их принципы и практическое осуществление. Инверсионные методы в ЭХМА, их сущность и применение.

Теоретические основы метода кондуктометрического анализа, основные термины и понятия. Аналитическая функция (связь свойства с концентрацией). Прямая кондуктометрия – варианты аналитической и графической. Ограничения и области применения прямой кондуктометрии. Кондуктометрическое титрование. Приборы и техника эксперимента. Кривые титрования, расчёты. Титрование смесей двух и более веществ. Титрование в неводных растворителях. Применение кондуктометрии для качественного и количественного анализа веществ. Достоинства и ограничения метода.

Высокочастотное титрование, его сущность и особенности. Кривые титрования. Применение.

Теоретические основы метода кулонометрического анализа, законы Фарадея. Гальваностатическая и потенциостатическая кулонометрия. Выход по току, условия максимального выхода. Прямая потенциостатическая кулонометрия, её сущность и виды (электрогравиметрия, внутренний электролиз, электролиз на ртутном катоде). Определение момента завершения электролиза. Измерение заряда. Кулонометрическое титрование при постоянной силе тока. Сущность метода, аппаратура и техника титрования. Способы фиксирования точки эквивалентности. Измерение заряда. Примеры. Особенности и преимущества метода. Применение и достоинства метода кулонометрии.

Теоретические основы метода. Уравнение Нернста. Измерение электродного потенциала (ЭДС). Принцип компенсационного метода Поггендорфа.

Наиболее распространённые в практике потенциометрического анализа электроды: водородный, стеклянный, серебряный, хлорсеребряный, каломельный, платиновый. Их устройство, схематическая запись, уравнение электрохимической реакции, аналитическая функция. Выбор электродов для анализа различных систем.

Прямая потенциометрия (ионометрия): техника выполнения и методы нахождения концентрации (метод градуировочного графика, метод добавок, метод концентрационного элемента, линейное титрование). Измерение pH со стеклянным электродом.

Потенциометрическое титрование. Приборы и техника выполнения. Кривые титрования

в интегральном и дифференциальном виде, нахождение точки эквивалентности. Примеры титрования с использованием реакций различных типов. Приборы для автоматического титрования. Принцип их действия.

5.3. Практическая подготовка

Код, направление, направленность	Наименование дисциплины	Количество часов дисциплины, реализуемых в форме практической подготовки				
		04.03.01 Химия, Химия	Физико-химические методы анализа	Всего	семестр 7	
лекции	Пр.занятия				лаб.занятия	с/р
		8	0	0	8	0

Код компетенции	Индикатор компетенции	Содержание задания на практическую подготовку по выбранному виду деятельности	Число часов практической подготовки				
			Всего	лекции	Пр.занятия	лаб.занятия	с/р
ОПК-1:	ОПК-1.1. ОПК-1.2.	Провести измерения и объяснить вид зависимости значений оптической плотности от концентрации исследуемого вещества в растворе.	2	-	-	2	-
ОПК-1:	ОПК-1.3.	На основании литературных данных подобрать подходящий метод анализа ионов железа, с точность до 1%.	2			2	
ОПК-2:	ОПК-2.1.	Приготовить 100мл раствора содержащего 0,1мг/мл ионов Fe ²⁺	1			1	
ОПК-2:	ОПК-2.3. ОПК-2.4.	Определить методом добавок концентрацию ионов Fe ²⁺ в предоставленном растворе методом фотоколориметрии	3			3	
Итого			8	-	-	8	-

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Введение, классификация методов	Проработка лекционного материала	2	Обзор и анализ литературы	Устный опрос
2	Оптические методы анализа	Проработка лекционного материала	8	Обзор и анализ литературы	Устный опрос
		Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета по ним	5	Подготовка к лабораторным работам 1-9 и оформление отчета по ним	Защита лабораторной работы
3	Электрохимические методы анализа	Проработка лекционного материала	5	Обзор и анализ литературы	Устный опрос
		Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета по ним	4,65	Подготовка к лабораторным работам 10-15 и оформление отчета по ним	Защита лабораторной работы
	Подготовка к экзамену		36		Экзамен

6.2. Тематика и задания для лабораторных занятий

Лабораторные занятия проводятся по графику проведения лабораторных работ. Описание выполнения лабораторных работ из нижеуказанного перечня указано в лабораторном практикуме [1].

Перечень лабораторных работ

1. Фотометрическое определение железа и никеля при совместном присутствии.
2. Определение фосфора в нитроаммофоске методом дифференциальной фотометрии.
3. Фотометрическое определение P_2O_5 в удобрениях. Сравнение методов обычной и дифференциальной фотометрии.
4. Фотометрическое определение этилендиаминтетраацетата натрия (ЭДТА) в растворе.
5. Фотометрическое определение поливинилового спирта (ПВС).
6. Фотометрическое определение оксиэтилидендифосфоновой кислоты в растворах для удаления и ингибирования солейотложений.
7. Турбидиметрическое определение сульфат-иона.
8. Турбидиметрическое определение хлорид-иона.
9. Фототурбидиметрическое определение кальция.
10. Определение соляной и уксусной кислот при совместном присутствии в растворе.
11. Определение содержания NaOH и Na_2CO_3 при совместном присутствии.
12. Определение содержания фторид-ионов с помощью ионселективного электрода.
13. Определение хлороводородной и борной кислот при их совместном присутствии в растворе с помощью блока автоматического титрования.
14. Определение содержания P_2O_5 в апатитовых концентратах с помощью блока

автоматического титрования

Определение хлорид- и иодид-ионов при их совместном

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная:

1. Физические методы исследования. Фотометрические и электрохимические методы анализа / Костром. гос. ун-т ; [сост. А. И. Лыткин, В. Э. Литвиненко]. - Кострома : КГУ, 2007. - 73 с.
2. Хаханина Т.И. Аналитическая химия : учеб. пособие для бакалавров / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2012. – 277 с.
3. Ярышев Н.Г., Панкратов Д.А., Токарев М.И., Камкин Н.Н., Родякина С.Н. Физические методы исследования и их применение в химическом анализе: Учебное пособие. – М.: МПГУ, 2012. – 160 с. (http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=212909)

б) дополнительная:

1. Васильев, В. П. Аналитическая химия : Сб. вопросов, упражнений и задач: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова ; Под ред. В. П. Васильева. - М. : Дрофа, 2003. - 320 с.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. - Изд. 5-е, перераб. и доп. - М. : Химия, 1979. - 480 с.
3. Методические указания для экспресс-опроса студентов при изучении курса "Физико-химические методы анализа" / Костром. гос. ун-т ; [сост. А. И. Лыткин, В. Э. Литвиненко]. - Кострома : КГУ, 2006. - 75 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС Университетская библиотека онлайн, путь доступа <http://biblioclub.ru>;
- ЭБС «Znanium», путь доступа <http://znanium.com/>.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Web of Science, путь доступа: <http://webofscience.com>;
- Scopus, путь доступа: <https://www.scopus.com>;
- РИНЦ, путь доступа: <https://elibrary.ru>;
- СПС КонсультантПлюс;
- ФГБУ «Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина»;
- Аннотированная библиографическая база данных журнальных статей МАРС.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Аудитория для занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор; рабочее место преподавателя, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; экран переносной; доска меловая; учебно-наглядные пособия, обеспечивающие наглядные иллюстрации; наборы демонстрационного оборудования	Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.); Свободно распространяемое программное обеспечение: LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+)
Лаборатория (лаборатория физико-химических методов анализа), помещение для хранения и обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель; рабочее место преподавателя; доска меловая Лабораторное оборудование: газожидкостной хроматограф; фотоэлектроколориметры КФК-3; КФК-2МП, спектрофотометр СФ-46; инфракрасный спектрометр ИКС-40; термостат ДХ-55; сушильный шкаф; муфельная печь; иономеры, аналитические весы АДВ-200, рН-метры марок рН-121, 673.М, дистиллятор, водоструйный и масляный насосы, теххимические весы, центрифуга, микроскоп, электрическая плитка, магнитные мешалки ИФС, резиновые шланги, штативы, спиртовка; химическая лабораторная посуда и реактивы; учебно-наглядные пособия	Специальное лицензионное программное обеспечение не используется
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; рабочие места, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; демонстрационная LCD-панель; принтеры, в т.ч. большеформатный и цветной; сканеры (форматы А2 и А4); web-камеры; микрофоны	Windows XP по лицензии OEM Software (поставщик ООО «Системный интегратор», договор № 22 ГК от 16.12.2016 г.); АИБС «Марк-SQL» (поставщик НПО «Информ-система», договор № 260420060420 от 26.04.2006 г.); LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+); Google Chrome (тип лицензии – BSD); Adobe Reader Acrobat BC (тип лицензии – free)
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; рабочие места, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КГУ; доска меловая	Windows Pro 8.1 (поставщик ООО Софт-лайт Проекты, договор №50155/ЯР4393 от 12.12.2014 г.); LibreOffice (тип лицензии - GNU LGPL v3+); Google Chrome (тип лицензии – BSD); Adobe Reader Acrobat BC (тип лицензии – free)

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

В рабочую программу дисциплины внесены следующие изменения:

1. обновлен перечень лицензионного программного обеспечения;
2. обновлен перечень основной и дополнительной литературы;
3. внесены изменения о практической подготовке.