



**МЧС РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Уральский институт Государственной противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным  
ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»**

**Кафедра химии и процессов горения**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заместитель начальника института  
по научной работе  
полковник внутренней службы**

  
 **М.В. Елфимова**  
« 7 » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Рабочая программа факультативного курса  
Физико-химические методы анализа**

**Научная специальность 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров в адъюнктуре  
(аспирантуре)**

**Год начала реализации образовательной программы: 2023**

**Екатеринбург**

**2023**

Составитель:

Начальник кафедры  
к. хим. н., доцент



А.В. Кокшаров

Рассмотрено на заседании кафедры химии и процессов горения  
« 13 » апреля 2023 г., протокол № 9

Рассмотрено на заседании научно-технического совета  
« 7 » июня 2023 г., протокол № 3

Научная специальность	Индекс дисциплины по учебному плану
3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	2.1.5.1(Ф)

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА

Целью факультатива «Физико-химические методы анализа» является знакомство адъюнктов и аспирантов с современными инструментальными методами анализа веществ и материалов.

Для достижения поставленных целей предусматривается решение следующих задач:

- передать основные теоретические знания по курсу;
- привить обучающимся навыки выполнения анализа веществ и материалов с использованием измерительного оборудования;
- провести исследование материальных объектов в рамках выполнения научно-исследовательской работы.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие образовательную программу:

– научно-исследовательская деятельность по направлению обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях, изучающая и обеспечивающая защищенность личности, имущества, общества и государства от чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера;

– преподавательская деятельность в области подготовки кадров с высшим образованием для работы по направлению безопасности в чрезвычайных ситуациях:

а) ведомственных и специализированных подразделений;

б) научно-исследовательских и образовательных организаций высшего образования, а также организаций дополнительного профессионального образования.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ФАКУЛЬТАТИВНОМУ КУРСУ, СООТНЕСЕННЫХ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Результаты освоения ОП	Планируемые результаты обучения		
	Знать	Уметь	Владеть
Быть способен планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты, оценивать научную значимость, перспективы прикладного использования	Методологию экспериментальных исследований материальных объектов с помощью физико-химических методов анализа	Формулировать цели и задачи экспериментальных исследований с помощью физико-химических методов анализа	Навыками формулирования целей и задач научных исследований материальных объектов с помощью физико-химических методов анализа
Владеть методикой разработки прогностических и естественно-научных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к области исследования	Процедуру разработки методов физико-химического анализа и их применения	Разрабатывать методы физико-химического анализа	Навыками разработки методов физико-химического анализа и их применения в самостоятельной научно-

Результаты освоения ОП	Планируемые результаты обучения		
	Знать	Уметь	Владеть
			исследовательской работе в сфере обеспечения безопасности с учетом правил соблюдения авторских прав
Быть способен подготавливать научно-технические отчеты и публикации по результатам выполненных исследований	Особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме	Представлять результаты научной деятельности в устной и письменной форме	Навыками представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме
Быть способен проводить экспертные исследования веществ и материалов в целях исследования пожаров и пожарной безопасности объектов защиты	Основные способы анализа веществ и материалов в целях исследования пожаров и пожарной безопасности объектов защиты	Анализировать вещества и материалы в целях исследования пожаров и пожарной безопасности объектов защиты	Навыками анализа веществ и материалов в целях исследования пожаров и пожарной безопасности объектов защиты

### 3. МЕСТО ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Факультативный курс относится к факультативной части образовательной программы по специальности 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Пререквизиты	История и философия науки
Кореквизиты	Методика и методология научных исследований; Безопасность в чрезвычайных ситуациях
Постреквизиты	Информационные технологии в науке и образовании

#### 4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4.1

№ п/п	Виды работ	ЗЕТ	Количество часов по учебному плану	
			Форма обучения очная	Форма обучения заочная
1	Общая трудоёмкость	7 з.е.	108 ч.	
2	Контактная работа обучающихся с преподавателем:		72 ч.	72 ч.
3	Контроль		4 ч.	4 ч.
4	Самостоятельная работа обучающихся:		32 ч.	32 ч.

#### Очная форма обучения

Таблица 4.2

№ п/п	Наименование разделов и тем	Трудоемкость освоения темы дисциплины, ч									
		Общая	Кол-во аудиторных часов							Самостоятельная работа	
			Всего	Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные работы	Формы контроля			
								Контрольные работы	Зачёты		Экзамены
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 семестр											
1	Классификация физико-химических методов анализа. Общая характеристика методов	10	2	2							8
2	Электрохимические методы анализа (ЭХМА)	42	34	2		2	30				8
3	Хроматографические методы анализа	28	20	2		2	16				8
4	Оптические методы анализа	24	16	2		2	12				8
	Зачёт	4							4		
Итого по дисциплине		108	76	8		6	58		4		32

## Заочная форма обучения

Таблица 4.3

№ п/п	Наименование разделов и тем	Трудоемкость освоения темы дисциплины, ч									
		Общая	Кол-во аудиторных часов							Самостоятельная работа	
			Всего	Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные работы	Формы контроля			
								Контрольные работы	Зачёты		Экзамены
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 семестр											
1	Классификация физико-химических методов анализа. Общая характеристика методов	10	2	2							8
2	Электрохимические методы анализа (ЭХМА)	42	34	2		2	30				8
3	Хроматографические методы анализа	28	20	2		2	16				8
4	Оптические методы анализа	24	16	2		2	12				8
	Зачёт	4							4		
Итого по дисциплине		108	76	8		6	58		4		32

**5. СОДЕРЖАНИЕ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА****ТЕМА 1. Классификация физико-химических методов анализа. Общая характеристика методов.**

Общая характеристика физико-химических методов. Классификация физико-химических методов анализа. Значение и преимущества методов. Чувствительность и разрешающая способность методов. Характеристическое время метода. Интеграция методов.

**ТЕМА 2. Электрохимические методы анализа (ЭХМА).**

Роль ЭХМА среди других методов анализа объектов окружающей среды. Классификация методов и их особенности. Преимущества и области применения методов.

Прямая потенциометрия. Равновесный электродный потенциал. Уравнение Нернста. Электрохимическая ячейка, схема. Индикаторные и электроды сравнения. Электроды 1 и 2 рода. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод,

механизм возникновения потенциала. Электроды на основе жидких мембран. Твердые мембранные электроды (кристаллические и некристаллические мембраны).

Способы определения концентраций с помощью ионоселективных электродов (метод градуировочных прямых, метод стандартных добавок, титрование с ионоселективными электродами). Измерение потенциалов. Измерение pH электрохимическим методом.

Потенциометрическое титрование. Компенсационные и некомпенсационные методы потенциометрического титрования. Методы определения конечной точки потенциометрического титрования. Методы титрования до ЭДС, равной нулю и до тока, равного нулю (при потенциале конечной точки титрования). Биметаллические системы электродов в практике ПТ. Потенциометрическое титрование по методу нейтрализации, осаждения, комплексообразования и окисления-восстановления (типы индикаторных электродов, кривые титрования).

Примеры определения веществ методами потенциометрического титрования. Обработка кривых титрования. Принципиальная схема установки для потенциометрического титрования.

Кондуктометрические методы анализа.

Сущность и классификация методов. Электрическая проводимость растворов: удельная и эквивалентная. Влияние на электропроводность природы электролита и растворителя, концентрации электролита, температуры. Прямая кондуктометрия: сущность, схема установки для определения электрической проводимости, электроды, метод калибровочного графика, расчеты. Особенности и области применения метода.

Кондуктометрическое титрование: сущность и особенности метода. Кривые кондуктометрического титрования по методу нейтрализации, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления. Неводное титрование. Установка для кондуктометрического титрования.

### **ТЕМА 3. Хроматографические методы анализа.**

Классификация методов хроматографии: по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения.

Факторы, влияющие на эффективность и селективность разделения.

Количественный хроматографический анализ: метод нормировки, метод внутренней нормировки, метод внутреннего стандарта.

Методы идентификации веществ в хроматографии. Основные параметры хроматограммы, их определения, индексы удерживания Ковача и их свойства.

Общая характеристика ионной хроматографии. Принципы ионообменного разделения. Особенности строения и свойства сорбентов для ионной хроматографии. Практическое применение ионной хроматографии.

Хроматография на плоскости. Способы получения плоскостных хроматограмм. Бумажная хроматография. Тонкослойная хроматография. Области применения, преимущества и ограничения методов хроматография на плоскости.

Общая характеристика газо-жидкостной хроматографии. Подвижная и неподвижная фазы. Последовательность элюирования веществ из колонки. Коэффициент распределения, его физический смысл. Области применения, преимущества и ограничения газо-жидкостной хроматографии.

Общая характеристика колоночной хроматографии. Классификация методов. Сорбенты и носители, требования к ним. Процессы сорбции и распределения, происходящие в колонке. Области применения.

#### **ТЕМА 4. Оптические методы анализа.**

Общая характеристика спектроскопических методов. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом. Классификация методов.

Атомно-эмиссионный спектральный анализ. Методы атомизации, их достоинства и недостатки. Источники возбуждения. Механизм возникновения разрядов, характеристика источников возбуждения (дуговой разряд: дуга постоянного тока, дуга переменного тока, плазмотрон). Способы стабилизации дугового разряда. (Искровой разряд: конденсированная и управляемая искра, плазмотрон, полый катод, лазер как источник возбуждения в спектральном анализе). Схема и принцип действия.

Типы спектральных приборов. Приборы, используемые для регистрации эмиссионного спектра (кварцевые и с дифракционной решеткой). Основные характеристики спектральных приборов (дисперсия, разрешающая способность, светосила). Способы освещения щели.

Основы фотографического спектрального анализа. Аналитическая зависимость между интенсивностью и концентрацией. Зависимость между оптической плотностью и интенсивностью спектральных линий. Методы эмиссионного спектрального анализа: качественные, полуколичественные количественные методы. Метод трех эталонов. Метод постоянного графика. Метод добавок. Оценка источников ошибок в количественном спектральном анализе.

Атомно-абсорбционные методы анализа. Условия образования поглощающего слоя, поглощение световой энергии атомом, формирование аналитического сигнала. Связь оптической плотности с концентрацией элемента в пламени. Характеристика пламенных и непламенных способов атомизации пробы. Основные узлы приборов атомно-абсорбционной спектроскопии: I) источники света (лампа с полым катодом); II) монохроматизаторы: 1) оптические фильтры (светофильтры), 2) призмы, 3) дифракционные решетки; III) отделение для пробы (кюветные отделения); IV) приемники (дефлекторы) излучения: фотоэлементы.

Методы молекулярной спектроскопии. Молекулярная абсорбционная спектроскопия в видимой и УФ областях. Общая характеристика метода, его возможности, современное состояние и перспективы развития. Основные законы поглощения электромагнитного излучения. Спектры поглощения, связь между окраской вещества и спектрами поглощения. Физико-химические условия образования фотометрируемых аналитических форм.

Типы фотометрируемых систем. Общая характеристика реагентов, применяемых в фотометрии; требования к ним. Выбор оптимальных условий определе-



ния. Устранение влияния сопутствующих компонентов. Аппаратура и техника фотометрируемых измерений. Основные типы приборов, физические основы измерений. Методы количественного анализа: визуальные и объективные (методы сравнения, добавок, градуировочной характеристики).

Рефрактометрия. Сущность метода. Области применения. Устройство, принцип действия рефрактометров. Методы рефрактометрических исследований.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ФАКУЛЬТАТИВНОМУ КУРСУ**

Полный комплект оценочных материалов находится в комплексе методических материалов и оценочных средств дисциплины.

### **Перечень вопросов для подготовки к зачёту.**

1. Классификация физико-химических методов анализа. Их возможности и области применения. Характеристика методов анализа.
2. Прямая потенциометрия. Электрохимическая ячейка, схема. Индикаторные и электроды сравнения. Уравнение Нернста для электродов 1 и 2 рода.
3. Ионоселективные электроды. Их классификация. Установка для измерения потенциалов с использованием ионоселективных электродов.
4. Стекланные электроды. Электроды на основе жидких мембран. Твердые мембранные электроды. Возникновение потенциала на мембране. Области их применения.
5. Определение концентрации ионов методом прямой потенциометрии: метод градуировочного графика, метод добавок, метод градуировки электродов.
6. Сущность, классификация методов потенциометрического титрования. Принципиальная схема установки для потенциометрического титрования. Методы определения конечной точки потенциометрического титрования. Преимущества и ограничения метода.
7. Сущность, классификация методов кондуктометрии. Прямая кондуктометрия: схема установки для измерения электрической проводимости, электроды. Применение прямой кондуктометрии.
8. Вольтамперометрические методы анализа: сущность, классификация. Классическая полярография.
9. Инверсионная вольтамперометрия. Сущность метода. Вид вольтамперограммы и её характеристики. Электролитическая ячейка для измерений, электроды. Достоинства и недостатки метода.
10. Хроматография. Классификация методов хроматографии: по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения, по технике выполнения.
11. Общая характеристика ионной хроматографии. Механизм разделения веществ в ионной хроматографии. Обменная емкость. Практическое применение.

12. Газовая хроматография. Идентификация веществ по хроматограммам. Количественный анализ: метод нормировки, метод внутренней нормировки, метод внутреннего стандарта.

13. Общая характеристика газо-жидкостной хроматографии. Подвижная и неподвижная фазы. Последовательность элюирования веществ из колонки. Коэффициент распределения, его физический смысл. Области применения, преимущества и ограничения.

14. Идентификации веществ в хроматографии. Индексы удерживания, их свойства и определение.

15. Общая характеристика колоночной хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Процессы, происходящие в колонке.

16. Хроматография на плоскости. Принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм. Тонкослойная хроматография. Области применения.

17. Детектирование аналитического сигнала в хроматографии. Типы детекторов, их чувствительность и селективность. Области применения.

18. Электромагнитное излучение. Спектр электромагнитного излучения. Взаимодействие атомов и молекул с электромагнитным излучением. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Источники возбуждения.

19. Методы эмиссионного спектрального анализа: качественные, полуколичественные и количественные.

20. Эмиссионная фотометрия пламени. Источники возбуждения и приборы. Методы количественного анализа.

21. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Сущность метода, законы светопоглощения света атомным паром. Достоинства атомно-абсорбционной спектроскопии.

22. Источники излучения в атомно-абсорбционном анализе, принцип действия, их особенности.

23. Атомно-абсорбционная спектроскопия, способы атомизации пробы, преимущества и ограничения каждого метода.

24. Пламенный способ атомизации пробы. Характеристики пламени (смеси используемых горючих газов, зоны пламени).

25. Непламенные способы атомизации пробы, их преимущества по сравнению с пламенным.

26. Блок-схема атомно-абсорбционного спектрометра, назначение отдельных структурных элементов. Возможности атомно-абсорбционной спектроскопии.

27. Молекулярная спектроскопия. Возникновение спектров поглощения. Закон Бугера-Ламберта-Бера, фотометрические величины. Спектро- и фотометрические измерения, принципиальное различие методов.

28. Применение фотометрических измерений: методы градуировочного графика, характеристики добавок и метод стандартных растворов.

29. Способы монохроматизации света. Основные узлы фотокolorиметров и их характеристики.

30. Рефрактометрия. Сущность метода. Области применения. Устройство, принцип действия рефрактометров. Методы рефрактометрических исследований.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Основная литература.**

1. Александрова, Т. П. Физико-химические методы анализа: учебное пособие / Т. П. Александрова, А. И. Апарнев, А. А. Казакова. – Новосибирск: Новосибирский гос. технический ун-т, 2014. – 90 с.

2. Власова, Е. Г. Аналитическая химия: химические методы анализа: учебник / Е. Г. Власова; под редакцией О. М. Петрухина, Л. Б. Кузнецовой; художник В. Е. Шкерин. — 2-е изд. — М.: Лаборатория знаний, 2021. — 467 с. — ISBN 978-5-93208-502-8. — Текст: электронный // Лань: ЭБС. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166725>.

### **7.2. Дополнительная литература.**

3. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 744 с. — ISBN 978-5-507-45394-8. — Текст: электронный // Лань: ЭБС. — URL: <https://e.lanbook.com/book/267359>.

4. Мистюков, И. А. Расследование и экспертиза пожаров: учебное пособие / И. А. Мистюков, А. Н. Кроль. — Кемерово: КемГУ, 2017. — 162 с. — ISBN 979-5-89289-137-9. — Текст: электронный // Лань: ЭБС. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102670>.

## **8. РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА**

1. Elibrary.ru [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: база данных содержит сведения об отечественных книгах и периодических изданиях по науке, технологии, медицине и образованию / Рос. информ. портал. — Москва, 2000 — Режим доступа: <http://eLibrary.ru>.

2. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: <http://www.rbc.ru>.

## **9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ФАКУЛЬТАТИВНОМУ КУРСУ**

1. Офисный пакет Microsoft Office.
2. Операционная система Windows.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА**

1. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения, помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.

2. Ознакомление с терминами, понятиями с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

3. Определение вопросов, терминов, материала, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на практическом занятии.

4. Просмотр рекомендуемой литературы.

5. Выполнение заданий для самостоятельной работы.

6. Аккуратное и своевременное ведение рабочей тетради на практических занятиях.

7. При подготовке к экзамену, коллоквиуму и контрольным работам необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного практического и семинарского типа групповых и индивидуальных консультаций, включая выполнение самостоятельных работ, текущего контроля и промежуточной аттестации (Л-511, Л-505).

Учебная лаборатория отработки практических навыков (Л-402).

## **12. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ**

При проведении занятий по дисциплине (модулю) в особых условиях (чрезвычайные ситуации, неблагоприятные эпидемиологические условия, введение военного положение и др.) их реализация осуществляется в соответствии с Положениями института. При необходимости, на основании локальных нормативных актов института, используются учебные и тематические планы по образовательным программам сокращенного обучения на особый период времени.