Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.31 Методы концентрирования микроэлементов»

Уровень высшего образования

СПЕЦИАЛИТЕТ

Специальность
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
(код и наименование специальности)

Аналитическая химия
(наименование направленности (профиля)/специализации образовательной программы)

Квалификация
Химик. Преподаватель химии

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.31 Методы концентрирования микроэлементо*
рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра химии
наименование кафедры

протокол № 5 от "14" января 2025 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра химии _____ Е.В. Сальникова
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Заведующий кафедрой
химии _____ Е.В. Сальникова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

Старший преподаватель _____ Е.А. Осипова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по специальности
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия _____ Е.В. Сальникова
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
Гл. библиограф _____ С.А. Бикшимерова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
химико-биологического _____ А.Н. Сизенцов
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Сальникова Е.В., 2025
Осипова Е.А., 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины:

содействие формированию и развитию у обучающихся профессиональных компетенций, позволяющих им в дальнейшем осуществлять профессиональную деятельность посредством освоения теоретических, методологических и экспериментальных основ современных методов определения микроэлементов в объектах окружающей среды, биологических объектах, а также малых примесей в рудном сырье, продуктах металлургической, химической и пищевой промышленности.

Задачи:

1) теоретический компонент:

- посредством слушания, конспектирования и реферирования изучить и овладеть теоретическими основами определения малых примесей в различных объектах;
- знать и владеть современными методами исследования микроэлементов и уметь интерпретировать экспериментальные данные;

2) познавательный компонент:

- понимать роль химического анализа;
- иметь представление об особенностях объектов анализа;

3) практический компонент:

- владеть техникой проведения анализа в соответствии с выбранной методикой;
- владеть метрологическими основами анализа;
- владеть основными приемами работы на современном оборудовании.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.22 Аналитическая химия*

Постреквизиты дисциплины: *Б2.П.В.П.3 Научно-исследовательская работа*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1-В-1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов ОПК-1-В-2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	**Знать:** - способы систематизации и анализа результатов химических экспериментов **Уметь:** - анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		направленности **Владеть:** - способностью систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов
ОПК-2 Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	ОПК-2-В-1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности ОПК-2-В-2 Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеризации веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности ОПК-2-В-3 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	**Знать:** - правила техники безопасности при использовании физико-химических методов исследования **Уметь:** - применять и разрабатывать новые методики получения и изучения веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности **Владеть:** - способностью проведения химического эксперимента с использованием современного научного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности
ОПК-6 Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6-В-1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке ОПК-6-В-2 Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры ОПК-6-В-4 Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке	**Знать:** - способы представления результатов своей работы в устной и письменной форме **Уметь:** - представлять результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке; - представлять информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		Владеть: - навыками представления результатов своей работы в виде отчета и презентации на русском и английском языках

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**180**	**180**
Контактная работа:	**90,25**	**90,25**
Лекции (Л)	46	46
Лабораторные работы (ЛР)	44	44
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);* *- самоподготовка:* *- проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю;* *- подготовка к промежуточной аттестации.*	**89,75**	**89,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Методы разделения и концентрирования. Общая характеристика	16	4	-	-	12
2	Экстракционные методы. Количественные характеристики	42	10	-	18	14
3	Сорбционные методы. Механизмы, количественные характеристики	38	8	-	16	14
4	Осаждение и соосаждение. Варианты, виды, особенности	26	8	-	6	12
5	Электрохимические методы разделения	22	6	-	4	12
6	Мембранные методы разделения	20	6	-	-	14

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
7	Физико - химические и физические методы концентрирования и разделения	16	4	-	-	12
	Итого:	**180**	**46**		**44**	**90**
	Всего:	**180**	**46**		**44**	**90**

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел № 1 Методы разделения и концентрирования. Общая характеристика

Методы разделения, концентрирования и методы определения – две группы методов аналитической химии. Комбинированные, гибридные методы. Разделение, концентрирование, выделение. Абсолютное, относительное, индивидуальное, групповое концентрирование. Значение концентрирования и области его применения. Место концентрирования в аналитическом цикле.

Количественные характеристики концентрирования. Способы концентрирования.

Классификации и общая характеристика методов концентрирования и разделения. Современное состояние методов. Успехи и проблемы.

Раздел № 2 Экстракционные методы. Количественные характеристики

Экстракция. Особенности экстракции как метода разделения и концентрирования. Количественное описание процессов экстракции. Терминология, требования к экстрагентам. Экстракционные системы. Неионизированные нейтральные соединения: координационно-несольватированные нейтральные соединения с ковалентными связями; хелаты и внутрикомплексные соединения; координационно-сольватированные нейтральные (смешанные) комплексы. Ионные ассоциаты: координационно-несольватированные ионные ассоциаты; минеральные кислоты; комплексные металлокислоты; другие соединения.

Экстракция неионизированных нейтральных соединений. Координационно-несольватированные нейтральные соединения. Высокая избирательность. Выражение для коэффициента распределения. Закон Нернста, отклонения от закона. Координационно-сольватированные нейтральные соединения. Механизм экстракции. Выражения для коэффициента распределения. Метод сдвига равновесия.

Экстракция внутрикомплескных соединений. Хелаты. Хелатообразующие реагенты. Правило Л.А. Чугаева. Экстракция координационно-ненасыщенных хелатов. Уравнения для коэффициента распределения. Установление состава комплексов. Зависимость экстракции от pH. Константа экстракции.

Экстракция координационно-ненасыщенных хелатов. Синергизм. Описание синергетической экстракции с помощью закона действующих масс. Особенности экстракции катионных и анионных хелатов.

Экстракция ионных ассоциатов. Координационно-несольватированные ионные ассоциаты. Факторы, способствующие росту экстракции: увеличение диэлектрической проницаемости растворителя, увеличение размера и гидрофобности ионов. Требования к анионам или катионам-партнёрам. Использование в качестве реагентов краун-эфиров, серу- и азотосодержащих аналогов.

Комплексные металлокислоты и их соли. Факторы, повышающие коэффициент распределения. Присутствие сильной минеральной кислоты. Соэкстракция. Подавление экстракции.

Экстракция комплексных кислот аминами и солями четвертичных аммониевых оснований. Механизмы: ионный обмен, присоединение, внедрение. Факторы, влияющие на экстракцию аминами.

Использование экстракции в аналитической химии. Изучение равновесия в растворах. Разделение смесей. Управление процессами разделения. Маскирование. Отделение при реэкстракции. Обменная экстракция. Условия обмена. Обменные ряды.

Гибридные методы, включающие экстракцию. Экстракционно-фотометрический, экстракционно-люминисцентный, экстракционно-атомно-абсорбционный методы. Экстракция и вольамперометрия. Прямая потенциометрия. Экстракция в радиохимии.

Способы осуществления экстракции. Экстракция расплавами, использование трёхфазных систем, гель-экстракция. Экстракционная хроматография.

№ 3 Сорбционные методы. Механизмы, количественные характеристики

Сорбционные методы концентрирования. Механизмы взаимодействия вещества с сорбентом. Количественная оценка сорбции. Степень извлечения. Коэффициент распределения. Статический и динамический варианты сорбции. Достоинства сорбционных методов концентрирования. Сорбенты. Требования к сорбентам. Активные угли. Механизм сорбции на углях. Оксиды, гидроксиды, соли металлов. Синтетические иониты. Комплексообразующие сорбенты (хелатные смолы).

Раздел № 4 Осаждение и соосаждение. Варианты, виды, особенности

Методы осаждения и соосаждения. Принципы разделения. Достоинства. Недостатки. Осаждение матрицы. Соосаждение. Основные варианты. Требования к коллекторам. Изоморфное соосаждение. Закон распределения (закон В.Т. Хлопина). Соосаждение на гидроксидах. Соосаждение на сульфидах. Органические соосадители: ионные ассоциаты, хелаты.

Раздел № 5 Электрохимические методы разделения

Электролитическое выделение. Электролиз при контролируемом потенциале (потенциостатический режим поляризации). Электролиз при постоянной силе тока (гальваностатический режим поляризации). Выделение микроэлементов на твёрдом катоде. Эффективность электровыделения. Уравнения для расчёта количества выделяемого вещества. Использование электролиза для группового концентрирования микроэлементов. Ограничения. Сочетание электровыделения с атомно-эмиссионным и атомно-абсорбционным методами. Электролиз на ртутном катоде. Инверсионная вольамперометрия. Цементация. Цементация амальгамами электроотрицательных металлов. Электродиализ. Электроосмос. Электродиффузия. Электрофорез (электрохроматография).

Раздел № 6 Мембранные методы разделения

Общая характеристика. Механизмы мембранного массопереноса: диффузия, осмос, обратный осмос, электродиализ. Преимущества и недостатки метода

Раздел № 7 Физико - химические и физические методы концентрирования и разделения

Химические транспортные реакции. Преимущества. Значение для получения вещества высокой чистоты.

Управляемая кристаллизация. Направленная кристаллизация и зонная плавка. Достоинства, недостатки. Пирометаллургические методы. Пробирная плавка, как основной метод концентрирования благородных металлов. Общая характеристика метода. Возможности и ограничения. Перспективы дальнейшего развития физических методов разделения и концентрирования.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Техника безопасности. Экстракционно – фотометрическое определение меди из природных вод диэтилдитиокарбаматом свинца	6
2	2	Концентрирование микроколичеств алюминия из природных вод экстракцией 8 – оксихинолином с последующим фотометрическим определением	6
3	5	Концентрирование микроколичеств меди цементацией на железе с последующим колориметрическим определением меди с диэтилдитиокарбаминатом свинца	4
4	3	Сорбционное концентрирование и определение меди и железа в природных водах	6
5	3	Экстракционно-фотометрическое определение цинка в почвах	6
6	3	Сорбционное определение никеля и меди в растительных материалах	6

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
7	3	Разделение ионов железа (III) и меди (II) в их смеси методом ионообменной хроматографии	4
8	4	Концентрирование микроколичеств железа из природных вод соосаждением с карбонатом кальция и последующим колориметрическим определением железа с сульфосалициловой кислотой	6
		Итого:	**44**

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Сальникова, Е. В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Сальникова Е. В., Кудрявцева Е. А. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ОГУ. – 2012. – 221 с. –
Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259316

2. Сальникова Е.В., Кудрявцева Е.А. Методы концентрирования и разделения микроэлементов [Текст]: учеб. пособие для вузов / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – М. : ООО «ТиРу», 2012. – 221 с. : ил. - Библиогр.: с. 209-213. - Прил.: с. 214-220. - ISBN 978-5-93883-215-2.

3. Современное состояние экстракционного метода: учебное пособие / Б. И. Петров, А. Е. Леснов.- Лань, 2021. - 356 с.

4. Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Химия" / А. А. Ганеев [и др.]; под ред. Л. Н. Москвина.- 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 332 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 324-327. - ISBN 978-5-8114-9137-7.

5.2 Дополнительная литература

1. Москвин, Л. Н. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии [Текст] : [учебник] / Л. Н. Москвин, О. В. Родинков. - М. : Интеллект, 2011. - 352 с. : ил. - Библиогр.: с. 343-344. - Предм. указ.: с. 345-348. - ISBN 978-5-91559-080-8.

2. Скальный, А. В. Методы разделения и концентрирования в анализе объектов окружающей среды [Текст] : [науч.-метод. пособие] / А. В. Скальный, Е. В. Сальникова, Е. А. Кудрявцева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2012. - 189 с. : ил. - Библиогр.: с. 177-181. - Прил.: с. 182-188. - ISBN 978-5-4417-0082-5.

5.3 Периодические издания

1. Журнал аналитической химии : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН.
2. Журнал неорганической химии : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН.
3. Журнал физической химии : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН.
4. Химическая промышленность сегодня : журнал. - М. : Агентство "Роспечать".

5.4 Интернет-ресурсы

– http://www.biblioclub.ru - сайт ЭБС «Университетская библиотека online»;
– http://e.lanbook.com/ - сайт ЭБС «Лань»;
– http://www.msu.ru - сайт Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link
4. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.
5. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2025]. - Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru
6. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2025].
7. http://edu.garant.ru/garant/study/ - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий лекционного типа, используется аудитория оснащенная комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специализированные лаборатории, оснащенные оборудованием.

Приборы и оборудование: мультимедийный проектор с ноутбуком, кондуктометр «Мультитест КСП-1», хроматограф «Кристалл», центрифуга, весы аналитические, pH метр, фотоколориметр, система капиллярного электрофореза «Капель -105», полярограф ПИ-1, флюорат, Spectroskan.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.