



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра аналитической химии

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,

А.И. Вильмс



13 мая 2024г.



Рабочая программа дисциплины

**Наименование дисциплины Б1.В.ДВ.02.02 «ЭКСТРАКЦИОННОЕ И
СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ»**

Направлению подготовки: **04.04.01 «Химия»**

Направленность подготовки: **фундаментальная химия**

Квалификация: **Магистр**

<p>Согласовано с УМК химического факультета Протокол № 4 от 13 мая 2024 г. Председатель  А.И. Вильмс</p>	<p>Рекомендовано кафедрой аналитической химии, Протокол № 8 от 10 мая 2024 г. Зав. кафедрой, А.Г. Пройдаков </p>
--	--

Содержание

стр.

I. Цели и задачи дисциплины	
II. Место дисциплины в структуре ОПОП.	
III. Требования к результатам освоения дисциплины	
IV. Содержание и структура дисциплины	
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
4.3 Содержание учебного материала	
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) <i>(указать при наличии)</i>	
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) список авторских методических разработок	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	
6.2. Программное обеспечение:	
6.3. Технические и электронные средства обучения:	
VII. Образовательные технологии	
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	

I. Цели и задачи дисциплины

Цель: ознакомить студентов с основными направлениями развития аналитической химии малых концентраций, теоретическими основами, возможностями, методическими подходами и приемами проведения концентрирования и разделения элементов, привить навыки практической работы для решения аналитических задач, а также задач исследовательского характера.

Задачи: рассмотреть классификации методов разделения и концентрирования, количественные характеристики эффективности методов, теоретические основы и практические аспекты использования наиболее распространенных и эффективных методов разделения и концентрирования.

II. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Учебная дисциплина Экстракционное и сорбционное концентрирование относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, которые сформированы в результате обучения на 1-4 курсах химического факультета. Дисциплина является развитием и расширением циклов: «Органическая химия», «Анализ органических веществ»; «Аналитическая химия», «Физико-химические методы анализа», «Анализ сложных объектов», «Электрохимические, оптические, хроматографические методы в анализе сложных объектов», «Анализ органических соединений» - в плане усвоения методических основ методов, обоснования выбора подходящего метода разделения и концентрирования для анализируемого объекта.

Перечень последующих учебных дисциплин, а также сферы профессиональной деятельности для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: **анализ природных объектов** – минеральное сырье, руды, водные объекты – разделение и концентрирование: выделение и концентрирование отдельных компонентов; **анализ органических соединений** – полимерные и другие материалы, нефтехимия, удобрения; **здравоохранение** - медицинские препараты, лекарства; **экологические** проблемы, **продукты питания** и т.д.

Полученные знания необходимы при выполнении научно-исследовательской и выпускной квалификационной работы.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций ('элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО по направлению 04.03.01 «Химия», направленность: научно-технологический.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК 4.4, ПК 4.5, ПК 5.3

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-4 Способен проводить эксперимен-	ИДК _{ПК4.4} Проводит испытания новых образцов продукции ИДК _{ПК4.5}	Знать: стандартные методы идентификации и исследования свойств, основные достоинства и недостатки методов исследования

1.	Общая характеристика и классификация методов разделения и концентрирования	5,5	2	2	-	0,5	2	4	Собеседование
2	Экстракция	24	12	8	12	1	2	5	Собеседование, оформление отчетов
3	Осаждение и соосаждение	15,5	8	3	8	0,5	2	4	_____»_____
4	Сорбционные методы	14,5	8	3	8	0,5	2	4	Собеседование, оформление отчетов
5	Физические методы разделения и концентрирования	9,5	4	2	4	0,5	2	5	Собеседование, оформление отчетов
	Экскурсия в институт ИРГЕРЕДМЕТ	4	4		4	1			
	Итого часов	108	36	18	36	4	10	22	Экзамен 18 час.

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающегося			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час)		
	Общая характеристика и классификация методов разделения и концентрирования	Подготовка к устному опросу		4		Список литературы
	Экстракция	Подготовка к собеседованию для выполнения работ		5	Собеседование, написание отчетов	Литература Пособие Методические указания
	Осаждение и соосаждение	Подготовка к собеседованию для выполнения работ		4	Собеседование, написание отчетов	Литература Пособие Методические указания
	Сорбционные методы	Подготовка к собеседованию для выполнения работ		4	Собеседование, написание отчетов	Литература Пособие Методические указания
	Физические методы разделения и концентрирования	Подготовка к собеседованию для выполнения работ		5	Собеседование, написание отчетов	Методические указания
	Экскурсия в институт	Знакомство с методом, используемым для концентрирования и разделения				
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине						
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренной учебным планом для данной дисциплины (час)				22		

4.3. Содержание учебного материала

1. Общая характеристика и классификация методов

1.1. Роль методов разделения и концентрирования в аналитической химии, влияние на метрологические характеристики методик анализа и их эффективность. Концентрирование как частный случай разделения. Общность и различие целей разделения и концентрирования. Объекты, при анализе которых используют методы разделения и концентрирования: природные и промышленные материалы, вещества высокой степени чистоты, объекты органического происхождения. Особенности определения низких содержаний. «Холостой» опыт.

1.2. Количественные характеристики эффективности разделения и концентрирования

1.3. Классификация методов разделения и концентрирования. Химические, физико-химические и физические методы. Классификация по признаку наличия фазовых переходов в процессе разделения: методы, основанные на образовании выделяемым веществом новой фазы; методы, основанные на различиях в распределении веществ между двумя несмешивающимися фазами; методы, не связанные с фазовыми переходами разделяемых веществ. Классификация по признаку процесса, лежащего в основе разделения. Связь метода разделения и концентрирования с методом последующего определения компонентов. Комбинированные и гибридные методы анализа.

1.4. Виды и способы концентрирования: абсолютное и относительное, групповое и избирательное.

2. Химические и физико-химические методы разделения и концентрирования

2.1. Осаждение и соосаждение. Общность и различие задач, решаемых методами осаждения и соосаждения. Основные теоретические положения метода.

Типы коллекторов и требования, предъявляемые к ним. Неорганические соосаждители. Процессы, доминирующие при соосаждении. Закон Хлопина, правило Панета-Фаянса-Хана.

Органические соосаждители. Механизм соосаждения. Классификация органических соосаждителей и соосаждаемых соединений. Примеры разделения и концентрирования элементов методами осаждения и соосаждения.

2.2. Экстракция. Сущность метода. Терминология. Основные законы экстракции; количественные характеристики экстракционных процессов: константа распределения, константа экстракции, коэффициент распределения, степень извлечения, фактор разделения.

Условия количественного разделения веществ. Факторы, влияющие на скорость экстракции. Характеристики методов определения состава экстрагирующихся соединений.

Техника проведения экстракции. Противоточная, непрерывная, и периодическая экстракция.

Классификация экстракционных систем по кислотно-основным свойствам экстрагентов и по типу экстрагирующихся соединений.

2.2.1. Экстракция координационно-несольватированных неионных соединений с ковалентной связью. Понятие о жестких и мягких катионах и лигандах (экстрагентах) по классификации Пирсона.

2.2.2. Экстракция координационно-сольватированных нейтральных комплексов.

Экстракция внутрикомплексных соединений (ВКС). Механизм экстракции и количественное описание экстракции ВКС. Влияние различных факторов на экстракцию (концентрация ионов водорода и реагента, концентрация иона металла и его состояние в растворах). Обменная экстракция. Экстракционные ряды.

2.2.3. Экстракция ионных ассоциатов. Экстракция координационно-несольватированных ионных ассоциатов. Экстракции комплексных металлокислот. Механизм экстракции кислородсодержащими экстрагентами, аминами, солями четвертичных аммониевых соединений, металлоорганическими соединениями.

2.2.4. Применение экстракционных систем для целей концентрирования микроэлементов. Наиболее распространенные экстракционные системы. Способы проведения экстракционного концентрирования: экстракция основы и экстракция примесей. Эффекты высаливания и соэкстракции. Способы повышения экстракционного концентрирования.

2.2.5. Экстракция расплавленными экстрагентами. Экстракционная хроматография. Методы определения элементов, применяемые при анализе экстракционных концентратов.

2.3. Сорбционные методы разделения и концентрирования). Общая характеристика. Классификация сорбционных методов.

2.3.1. Сорбция на активных углях. Неорганические сорбенты.

2.3.2. Ионообменные смолы. Основные положения теории ионного обмена. Константа равновесия. Константа селективности. Типы ионообменников. Связь полноты обмена с величиной заряда и радиуса иона.

2.3.3. Комплексообразующие сорбенты. Их преимущества перед ионообменниками. Факторы, влияющие на эффективность комплексообразующих сорбентов.

Методы анализа, применяемые в сочетании с сорбционным концентрированием.

3. Физические методы разделения и концентрирования

Дистилляционные методы. Их классификация и основные положения. Количественные характеристики, области применения, достоинства, и ограничения.

Зонная плавка. Принцип, количественные характеристики, области применения. Достоинства и недостатки.

Электрохимические методы разделения.

Пробирная плавка – как представитель пиromеталлургических методов.

4.3.1. Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы), практическая подготовка	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2.1. Осаждение и соосаждение. Типы коллекторов.	Определение микроколичеств сурьмы в бронзе с предварительным концентрированием способом соосаждения	8	Вопросы преподавателя по теории метода, выполнению эксперимента, оформление отчета	ПК-4.4 ПК-4.5

2	2.2.4. 2.2.5. Экстракция внутри-комплексных соединений ВКС. Механизм и количественные характеристики экстракции. Экстракция ионных ассоциатов.	1. Исследование комплексообразования в системе 1-фенил-3-метил-4-бензоил пирозолон-5-н-бутиловый спирт-хлороформ-вода экстракционным методом. 2. Определение состава и константы устойчивости ассоциата ферроина с йодид-ионами. 3. Использование ассоциата ферроина с йодид-ионами для экстракционно-фотометрического определения железа (2+) в объектах	8 4 4	Вопросы преподавателя по теории метода, выполнению эксперимента, оформление отчета	ПК-5.3
3.	2.3. Комплексообразующие сорбенты. Факторы, влияющие на эффективность сорбции. Методы анализа, применяемые в сочетании с сорбционным концентрированием.	1. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение золота с использованием комплексообразующего сорбента. 2. Атомно-абсорбционное определение серебра из диметилформамидных растворов с предварительным его сорбционным выделением.	4 4	Вопросы преподавателя по теории метода, выполнению эксперимента, оформление отчета.	ПК-4.4 ПК-4.5 ПК-5.3
4	Физические методы определения и концентрирования	Определение ртути в воде методом холодного пара	4	Вопросы преподавателя по теории метода, выполнению эксперимента, оформление отчета.	ПК-4.4 ПК-4.5 ПК-5.3

4.3.2 Перечень тем, вопросов, выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Задание	Формируемые компетенции	ИДК
1	Общая характеристика и классификация методов разделения и концентрирования	Устный опрос: количественные характеристики эффективности разделения и концентрирования	ПК 4 ПК-5 •	ИДК ПК-4.4 ИДК ПК-4.5 ИДК ПК-5.3
2	Экстракция	Устный опрос: основные законы и количественные характеристики		
3	Осаждение и соосаждение	Устный опрос: типы коллоидов, требования к ним, механизмы		

4	Сорбционные методы концентрирования	Устный опрос: Сорбция на активных углях. Механизмы		
5	Физические методы концентрирования	Собеседование: классификация физических методов		
6	Метод пробирной плавки как представитель пирометаллургических методов. Возможности. Использование	Собеседование: разбор химизма метода		

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов связана с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением теоретического материала в виде устного собеседования.

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель работы
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями в каждой работе
4. Вывод (на основе полученных результатов)

Методические рекомендации по выполнению и обработке экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических рекомендациях, подготовленных преподавателями кафедры.

4.5 Примерная тематика курсовых работ - не предусмотрена

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Москвин Л.Н., Роденков О.В. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Долгопрудный: Интеллект, 2012.
2. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. -М.: Бином, 2012.
3. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. Основы аналитической химии . Кн.1. М.: Высш.шк., 1996.



б) дополнительная

1. Золотов Ю.А., Кузьмин Н.М. Концентрирование микроэлементов. -М.: Химия, 1982.
2. Мицуике А. Методы концентрирования элементов в неорганическом анализе. – М.: Мир, 1986.
3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Под ред. Р.Кельнер, Ж.-М. Мерме и др. Т.1, 2. -М.: Мир, АСТ, 2004.

4. г) список авторских методических разработок

1. Шаулина Л.П. Разделение и концентрирование в аналитической химии. Учебное пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2015.106 с.

в) программное обеспечение и Интернет-источники

<http://www.Chem.msu.su/>-портал химического образования

России: <http://www.Chem.msu.su/rus/elibrary/>

Электронная библиотека по химии: <http://www.chemistry.narod.ru/>

1. www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921_exam.pdf

2. http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4_06.rtf

3. www.xenoid.ru/.../chem_books_download.php

4. http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana_him/lek_14.html

5. http://www.Ftchemistry.dsmu.edu.ua/ana_him/lek_1-16.html

6. <http://www.edu.ru/db/portal/spe/archive.htm>

7. http://www.krugosvet.ru/.../Himiya_analiticheskaya.html

8. <http://www.edu.ru/window/library?p...>

9. <http://www.novedu.ru>

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины

6.1 Учебно-лабораторное оборудование

Помещения для проведения лекционных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой, а именно: аудитории, оснащенные мультимедийными средствами для проведения аудиторных занятий (ауд. 402, 426, корпус 6), лабораторные практикумы (лаб.236, 235), оснащенные необходимым оборудованием и реактивами.

Для проведения лабораторных занятий необходимо оборудование.

№ п/п	Наименование	Количество
1.	Весы аналитические ВЛА-200	3
2.	Весы аналитические Сарто-ГОСМ ЛВ 210-А	3
3.	Весы технические	3
4.	Сушильный шкаф	3
5.	Муфельная печь	1
6.	Центрифуга	2
7.	Встряхиватели	4
8.	Шаровая мельница	1
9.	Атомно-абсорбционный спектрометр ААС-1	2
10.	Спектрофотометр "Unico"	1
11.	Спектрофотометр "Specol"	1
12.	Фотоэлектроколориметр КФК	2
13.	Иономер универсальный ЭВ-74	3
14.	рН-метр-иономер «Эксперт-001»	2
15.	рН-метр рН-410	1
16.	Плитки электрические	6
17.	Мерные стаканы	20
18.	Мерные колбы	40
19.	Мерные пипетки, бюретки	50
20.	Делительные воронки	6
21.	Кварцевые чашки	4
22.	Эксикаторы	2
23.	Водяная баня	2

24.	Ионселективные электроды	1

VII. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются лекции, лабораторные работы, коллоквиумы, собеседования.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Оценочные средства (ОС) текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств ТК - выявить сформированность компетенций.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Собеседование. Выполнение лабораторных работ	Типы экстрагирующихся соединений Написание отчетов	ИДК ПК-4.4 ИДК ПК-4.5 ИДК ПК-5.3
2.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ, оформление отчетов	Количественные характеристики экстракции	•
3.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ, оформление отчетов	Сорбционное концентрирование. Типы сорбентов	
4.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ, оформление отчетов	Осаждение и соосаждение. Использование в практике аналитической химии	

Планируемые результаты обучения для формирования компетенций

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения	Процедура оценивания
<p>ИДК_{ПК4.4} Проводит испытания новых образцов продукции</p> <p>ИДК_{ПК4.5} Разрабатывает новые методики контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции</p>	<p>Знать: стандартные методы идентификации и исследования свойств, основные достоинства и недостатки методов исследования</p> <p>Владеть: навыками работы с современными приборами, приемами организации методики работ, методами планирования эксперимента</p>	<p>Выполняет лабораторные работы с расчетом необходимых параметров. Владеет навыками работы на современных приборах с планированием эксперимента</p>
<p>ИДК_{ПК5.3} Анализирует результаты испытаний сырья, готовой продукции; оценивает степень их соответствия нормативным документам (стандартам и технологическим регламентам) продукции</p>	<p>Знать: способы подготовки проб для анализа: переводение в раствор веществ неорганической и органической природы, методы получения, идентификации и исследования свойств веществ (материалов).</p> <p>Владеть: приемами пробоподготовки, современными приборами и оборудованием, стандартными методиками анализа проб различного происхождения, базовыми навыками проведения химического эксперимента и оформления его результатов.</p>	<p>Знает способы пробоподготовки неорганических и органических объектов, способы идентификации</p> <p>Владеет навыками проведения анализа проб различного происхождения, приемами математической статистики и оформления результатов.</p>

Критерии оценивания результатов обучения

Необходимо выполнить 9 лабораторных работ. Каждая работа оценивается максимум 5 баллов. Оценивается техника выполнения работ (4 баллов) и качество оформления результатов (4 балла).

Лабораторная работа считается выполненной если:

1) предоставлен письменный отчет по лабораторной работе, выполненный по установленным требованиям;

2) присутствует запись о выполнении работы в журнале преподавателя или присутствует подпись преподавателя в протоколе выполнения лабораторной работы студента. Во всех других случаях работа считается невыполненной.

Для допуска к экзамену студент должен выполнить все лабораторные работы, оформить отчеты и набрать минимум 40 баллов.

Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу «Экстракционное и сорбционное концентрирование»

1. Методы разделения и концентрирования, их общность и различие. Классификация. Количественные характеристики эффективности.

2. Виды и способы концентрирования. Объекты анализа. Холостой опыт.

3. Осаждение и соосаждение как методы разделения и концентрирования. Требования к коллекторам. Неорганические коллекторы. Механизм соосаждения микрокомпонентов с неорганическими коллекторами.

4. Органические коллекторы, их преимущества перед неорганическими. Классификация органических коллекторов. Типы соединений микрокомпонентов, соосаждающихся с органическими коллекторами.

5. Механизм соосаждения микрокомпонентов с неорганическими коллекторами. Органические коллекторы, их преимущества перед неорганическими. Классификация органических коллекторов.

6. Экстракция. Способы выполнения, терминология, основные условия экстрагируемости вещества.

7. Основные законы экстракции и количественные характеристики ее эффективности.

8. Классификации экстракционных систем.

9. Экстракция неионизованных соединений. Молекулярные соединения неионного характера.

10. Экстракция внутрикомплексных соединений (ВКС). Количественное описание экстракции ВКС. Факторы, влияющие на эффективность экстракции ВКС. Обменная экстракция.

11. Экстракция координационно-сольватированных нейтральных соединений.

12. Экстракция ионных соединений. Координационно-несольватированные ионные ассоциаты.

13. Экстракция комплексных кислот кислородсодержащими растворителями. Гидратно-сольватный механизм экстракции.

14. Экстракция аминами и металлоорганическими соединениями.

15. Способы проведения экстракционного концентрирования. Приемы повышения избирательности экстракционного концентрирования. Влияние макрокомпонента на экстракцию микрокомпонента. Эффекты высаливания и соэкстракции.

16. Общая характеристика сорбционных методов разделения и концентрирования. Способы выполнения. Количественные характеристики. Типы сорбентов.

17. Сорбция на неорганических ионообменниках. Особенности разделения и концентрирования с использованием активных углей.

18. Ионообменные смолы и факторы, определяющие их свойства.

19. Комплексообразующие сорбенты, особенности их строения, использования. Модифицированные кремнеземы.
20. Физические методы концентрирования. Дистилляционные и электрохимические.
21. Зонная и пробирная плавка.

Оценка «неудовлетворительно»:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков выполнения эксперимента и обсуждения результатов (менее 50 баллов)

Оценка «удовлетворительно»:

знания по дисциплине не систематизированы, частично сформированы умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины (50-69 баллов)

Оценка «хорошо»:

в целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания по предмету, сформированы умения и навыки для решения учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера (70-85 баллов).

Оценка «отлично»:

сформированы и систематизированы знания по предмету, сформированы умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины для решения практических задач (86-100 баллов).

Разработчик:

Канд. хим. наук, доцент

Шаулина Л.П.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 «Химия». Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии

10 мая 2024 г. Протокол № 8

Зав. кафедрой, д.х.н., профессор

Пройдаков А.Г.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.