

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Химический факультет
Кафедра аналитической химии



П.А. Машаров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ХИМИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ В АНАЛИЗЕ

Укрупненная группа направлений
подготовки
Программа высшего образования
Направление подготовки
Магистерская программа
Квалификация
Форма обучения

04.00.00 Химия

Программа магистратуры
04.04.01 Химия
Химия
Магистр
Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Химические сенсоры в анализе» для обучающихся по направлению подготовки 04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:
заведующий кафедрой аналитической химии,
д-р хим. наук, проф.



А.С. Алемасова

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии
Протокол от 26.03.2024 г. № 13

Заведующий кафедрой



А.С. Алемасова

СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета
28.03.2024 г.



С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель



Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р хим. наук, проф.
28.03.2024 г.



А.С. Алемасова

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: аналитическая химия, неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, физика.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

ознакомительная практика, педагогическая практика, научно-исследовательская работа, преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.2.2 Химические сенсоры в анализе
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+контроль	всего	
Очная	1	1	–	11	11	50	72	зачет
Очно-заочная	1	1	–	3	3	66	72	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование компетенций, направленных на углубленное знание методологических и теоретических основ создания и развития химических сенсоров; формирование умений и навыков самостоятельной научно-исследовательской работы, требующей глубокой специализированной подготовки в выбранном направлении и владения навыками современных методов исследования; выработку практического опыта применения накопленных знаний для анализа и обоснованного решения поставленных задач.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-1. Способен выбирать и	ПК-1.1. Составляет общий план	ПК-1.1.1. Знает методологию и методы научных исследований в химии.

использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности.	исследования и детальные планы отдельных стадий.	ПК-1.1.2. Умеет выбрать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.
---	--	---

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Типы сенсоров.	Значение и область применения химических сенсоров в охране окружающей среды, химической безопасности, анализе природных и промышленных объектов и др. Схема сенсора. Типы сенсоров. Схемы детектирования. История создания химических сенсоров.
Раздел 2. Аналитические характеристики сенсоров.	Селективность. Способы определения коэффициентов селективности. Проблемы экспериментального определения коэффициента селективности. Градуировочная характеристика. Интервал определяемых концентраций. Чувствительность. Предел определения. Время отклика. Время жизни. Дрейф. Виды ошибок. Правильность. Воспроизводимость. Совместимость с окружающими условиями.
Раздел 3. Потенциометрические сенсоры.	Типы мембран ионоселективных электродов (ИСЭ). Механизм действия мембран. Сенсоры со стеклянными мембранами. Электроды с твердыми мембранами. ИСЭ с жидкими мембранами. Конструкции ИСЭ. Потенциометрические химические сенсоры с полимерными мембранами. Мембраны для определения ионов кальция, калия, нитрат-ионов. Твердоконтактные ИСЭ. Потенциометрические газовые сенсоры. Датчики для определения концентраций растворенных газов. Типы газовых датчиков. Определение аммиака, углекислого газа и др. Ионоселективные полевые транзисторы. Ферментные полевые транзисторы. Разработка миниатюрных сенсоров. Способы определения активностей, концентраций ионов в растворе. Метод градуировочной зависимости, метод добавок. Ионметрическое титрование. Примеры практического применения (рН, ионов калия, кальция, магния, меди, свинца, серебра и других катионов, анионов : фторидов, нитратов, хлоридов, бромидов, иодидов, сульфидов, тиоцианатов и др.) в воде, почве, биожидкостях, пищевых продуктах и др.
Раздел 4. Электрохимические сенсоры.	Вольтамперометрические, амперометрические, кулонометрические, кондуктометрические сенсоры. Механизм действия. Кислородный датчик. Определение глюкозы. Электрохимические сенсоры в проточно-инжекционном анализе. Примеры практического применения. Многоканальные сенсоры. «Электронный язык». «Электронный нос».

Раздел 5. Оптические химические сенсоры.	Схемы детектирования. Преимущества и недостатки. Измерение оптической плотности, коэффициента преломления, люминесценции. рН-чувствительные оптоды. Оптоды для определения ионов металлов, кислорода и др. Флуоресцентные сенсоры. Примеры практического применения.
--	--

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 1

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Типы сенсоров.	–	2	–	8	10
Раздел 2. Аналитические характеристики сенсоров.	–	2	3	8	13
Раздел 3. Потенциометрические сенсоры.	–	3	4	10	17
Раздел 4. Электрохимические сенсоры.	–	2	2	12	16
Раздел 5. Оптические химические сенсоры.	–	2	2	12	16
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	–	11	11	50	72

6.2. Форма обучения – очно-заочная, курс – 1, семестр – 1

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Типы сенсоров.	–	–	1	13	14
Раздел 2. Аналитические характеристики сенсоров.	–	1	1	13	15
Раздел 3. Потенциометрические сенсоры.	–	2	–	13	15
Раздел 4. Электрохимические сенсоры.	–	–	1	13	14
Раздел 5. Оптические химические сенсоры.	–	–	–	14	14
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	–	–	3	66	72

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Дайте определение химического сенсора.
2. Перечислите факторы, влияющие на время отклика ИСЭ.
3. Укажите источники погрешностей в ионометрии.
4. Предложите способы оценки правильности результатов анализа ионометрического определения.

Раздел 2

5. Какие характеристики ИСЭ входят в уравнение Никольского? Есть ли какие-то отличия при записи этого уравнения для электрода, селективного к катионам и анионам?
6. Предложите классификацию ИСЭ по типам мембраны.
7. Что такое коэффициент селективности и как его определить по ИЮПАК?
8. Что такое градуировочная характеристика? В каких пределах она находится?

Раздел 3

9. Объясните механизм действия стеклянной мембраны. Почему рН – чувствительной является только хорошо вымоченная стеклянная мембрана?
10. Почему стеклянный электрод дает неправильные результаты при измерении рН в сильноокислых и сильнощелочных растворах?
11. Почему дегидратация стеклянного электрода приводит к погрешностям в результатах измерений?
12. Что такое потенциал асимметрии? Каковы возможные причины его возникновения? Как его можно устранить?

Раздел 4

13. Представьте схему формирования мембранного потенциала ИСЭ на следующие компоненты: Ca^{2+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, NO_3^- , NH_3 , CO_2 , S^{2-} , Ag^+ .
14. Как объяснить электрическую проводимость кристаллических мембран? Чем обусловлена селективность мембраны на основе LaF_3 для определения фторид-ионов?
15. Почему определение фторид-ионов рекомендуется проводить в слабокислой среде? Как устранить мешающее влияние Fe(III) и Al(III) ?

Раздел 5

16. Что такое ферментный электрод? Приведите примеры ферментных электродов. Чем обусловлена высокая избирательность ферментных электродов?
17. Объясните механизм действия газовых электродов. Приведите примеры.
18. Что такое ионофор? Приведите примеры ИСЭ на основе ионофоров и объясните механизм их действия.

7.3. Вопросы письменной контрольной работы

1. Что такое активность? Приведите примеры биохимических и других процессов, зависящих от активности ионов. Предложите методы определения активности ионов в растворе. Какие факторы необходимо учитывать при определении активности ионов в растворе?
2. Методы оценки коэффициентов селективности. Почему чаще всего используют метод смешанных растворов?
3. Крутизна градуировочной характеристики и факторы, влияющие на ее величину.
4. Предел обнаружения и его оценки. Факторы, влияющие на величину предела обнаружения.
5. Факторы, влияющие на время отклика ИСЭ.
6. Источники погрешностей в ионометрии.
7. Способы оценки правильности результатов анализа ионометрического определения.
8. Преимущества и недостатки стеклянного электрода для измерения рН раствора.
9. Потенциал асимметрии, возможные причины его возникновения и способы устранения.
10. Обоснуйте, для определения каких катионов металлов используют стеклянные электроды.
11. Приведите примеры неорганических солей как основы твердых мембран ИСЭ.
12. Электрическая проводимость кристаллических мембран и селективность мембраны на основе LaF_3 для определения фторид-ионов.
13. Требования, предъявляемые к ЭАВ жидких мембран и механизм их действия.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 1, очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-5	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	20
	Контрольная работа	10
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

8.2. Семестр 1, очно-заочная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-5	Организационно-учебная работа в аудитории	30
	Самостоятельная работа	20
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в IX учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, ул. Щорса, 17а). Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Лабораторные занятия проводятся в химических лабораториях, оснащенных вытяжной вентиляцией, современным аналитическим оборудованием, химическими реактивами.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Кристиан Г. Аналитическая химия. Учеб. для студентов. В 2-х т. Т.1 / Г. Кристиан; пер. с англ. А. В. Гармаша, Н. В. Колычевой, Г. В. Прохоровой ; вступ. ст. Ю. А. Золотова. – Москва: Бином. Лаб. знаний, 2009. – 623 с.
2. Кристиан Г. Аналитическая химия. Учеб. для студентов. В 2-х т. Том 2 / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша, Е.Э. Григорьевой, А.В. Ивановой и др. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 504 с.
3. Шевчук И.А., Симонова Т.Н. Ионоселективные электроды в анализе природных и промышленных объектов: Учебное пособие. – Донецк: «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2010. – 158 с.
4. Симонова, Т.Н. Химические сенсоры в анализе природных и промышленных объектов : учебно-методическое пособие / Т.Н. Симонова ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – Донецк: Цифровая типография, 2020. – 102 с.

11.2. Дополнительная литература

1. Аналитическая химия: в 3-х томах: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специализации «Химия». Т. 1. Методы идентификации и определения веществ / под ред. Л.Н. Москвина [А.А. Белюстин и др.]. – М.: Академия, 2008. – 576 с.
2. Аналитическая химия: в 3-х томах: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специализации «Химия». Т. 3. Химический анализ / под ред. Л.Н. Москвина [Ч.Г. Зенкевич и др.]. – М.: Академия, 2010. – 365 с.
3. Основы аналитической химии: в 2 т.: учебник для студентов хим. направления и хим. специальностей вузов. Т. 1 / под ред. Ю.А. Золотова [Т. А. Большова и др.]. – 4-е изд. – Москва: Академия, 2010. – 384 с.
4. Основы аналитической химии: в 2 т.: учебник для студентов хим. направления и хим. специальностей вузов Т. 2 / под ред. Ю.А. Золотова [Н.В. Алов и др.]. – 4-е изд. – Москва: Академия, 2010. – 408 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»**: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»**: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).