

Белорусский государственный университет



Проректор по учебной работе и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

« 4 » января 2020 г.

Регистрационный № УД-7948/уч.

ХИМИЧЕСКАЯ СЕНСОРИКА

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:

1-31 80 06 Химия

Профилизация: **Фундаментальная и прикладная химия веществ и материалов**

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 06-2019 и учебных планов № G31-040/уч. от 11.04.2019.

СОСТАВИТЕЛИ:

Евгений Андреевич Оводок, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

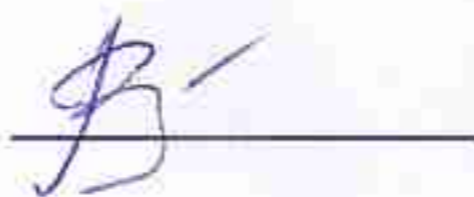
Кафедрой неорганической химии Белорусского государственного университета

(протокол № 5 от 13 ноября 2019 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета

(протокол № 3 от 3 января 2020 г.)

Зав. кафедрой



Василевская Е.И.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель дисциплины – ознакомить студентов магистратуры с используемыми в настоящее время основными типами химических сенсоров и принципами их функционирования.

Задачи дисциплины – сформировать у студентов представление о возможностях современных сенсорных устройств и их применимости для определения различных веществ. Научить подбирать правильный тип сенсора для решения конкретных технологических задач.

Дисциплина состоит из двух частей. В первой части изучаются основные типы химических сенсоров, их характеристики и принципы функционирования. Во второй части решаются задачи по подбору сенсоров для детектирования предложенных веществ.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю «Прикладная химия новых материалов» компонента учреждения высшего образования.

Данный курс связан с такими дисциплинами, как “Неорганическая химия”, “Органическая химия”, “Физическая химия” и может быть прочитан после изучения указанных дисциплин.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные типы химических сенсоров;
- принципы функционирования различных химических сенсоров;
- границы применимости сенсоров;
- основные преимущества и недостатки термометрических, электрохимических, электрических, оптических, био и масс сенсоров;

уметь:

- оценивать параметры сенсора (пороговая чувствительность, селективность, энергопотребление) по выходным данным;
- подбирать подходящий сенсор по поставленной задаче;

владеть:

- методологией проведения сенсорных исследований;
- методами обработки информации получаемыми при работе сенсоров.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Химическая сенсорика» должно обеспечить формирование следующих специализированных компетенций:

специализированные компетенции:

СК-5. Владеть принципами синтеза, исследования и модификации современных неорганических композитных и наноструктурированных материалов и предлагать методики направленного синтеза материалов с заданными физико-химическими свойствами, определяющими их практическую значимость.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина преподается во втором семестре первого курса магистратуры. Всего на изучения учебной дисциплины «Химическая сенсорика» отведено:

- для очной формы получения образования – 98 часов, в том числе аудиторных часов – 36, из них: лекции – 24 часов, практические занятия – 2 часа, семинарские занятия – 4 часа, управляемая самостоятельная работа – 6 часов (из них 2 часа внеаудиторный контроль).

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

Количество зачетный единиц – 3.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение.

Введение в сенсорику. Требования к сенсорам и сенсорным системам. Основные характеристик сенсоров: терминология и определения чувствительность; селективность; воспроизводимость; предел обнаружения; время отклика. Классификация сенсоров по принципу работы, по типу определяемых веществ, по технологии изготовления. Сенсоры для количественного и качественного обнаружения; применение химических сенсоров.

2. Термометрические сенсоры.

Термометрические сенсоры. Принципы работы. Каталитический газовый сенсор (пеллистор): используемые материалы, отравление поверхности. Рассмотрение функционирования на примере сенсора $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ThO}_2$ при детектировании метана.

3. Оптические сенсоры.

Оптические сенсоры. Принципы работы. Оптоволоконные сенсоры. Флуоресцентные сенсоры. Спектрофотометрические сенсоры. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Диффузионное отражение. Плазмонный резонанс.

4. Сенсоры, чувствительные к изменению массы (масс-сенсоры).

Масс сенсоры. Принципы работы. Микровесы на кварцевых кристаллах. Сенсоры на поверхностных акустических волнах. Масс сенсоры на основе пьезоэлектрических материалах. Масс сенсоры на основе непьезоэлектрических материалах (контеливер).

5. Электрохимические сенсоры.

Электрохимические сенсоры. Принципы работы. Потенциометрические сенсоры. Вольтамперометрические сенсоры. Кондуктометрические сенсоры. Кулонометрические сенсоры.

6. Электрические сенсоры.

6.1 Характеристика электрических сенсоров. Типы электрических сенсоров и принципы их работы. Полевые транзисторы.

6.2 Характеристика полупроводниковых газовых сенсоров. Типы полупроводниковых сенсоров: толсто пленочные, тонко пленочные, керамические. Материалы для полупроводниковых газовых сенсоров.

6.3 Влияние добавок на газочувствительные свойства полупроводниковых газовых сенсоров. Каталитические добавки и механизм их влияния на газочувствительные свойства сенсорного материала.

7. Биосенсоры.

Биосенсоры и их классификация. Принципы работы. Электрод Кларка. Биосенсоры на основе тканевых срезов и микроорганизмов. Применение биосенсоров. Роль сенсоров в современной науке и технологиях. Мультисенсорные аналитические системы (лаборатории на чипе).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Иное	Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.1	Введение	2						Контрольная работа	
2.	Оптические сенсоры	2						Контрольная работа	
3.	Сенсоры, чувствительные к изменению массы (масс-сенсоры)	2					2	Коллоквиум	
4.	Термометрические сенсоры	2					2(ВН)	Контрольная работа	
5.	Электрохимические сенсоры	4		2				Презентация; Коллоквиум	
6.	Электрические сенсоры	8	2					Контрольная работа	
6.1	Характеристика электрических сенсоров	2						Контрольная работа	
6.2	Характеристика полупроводниковых газовых сенсоров	4					2	Контрольная работа	
6.3	Влияние добавок на газочувствительные свойства полупроводниковых газовых сенсоров.	2						Контрольная работа	
7.	Биосенсоры	4		2				Презентация; Коллоквиум	
	Итого	24	2	4			6		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая учебная литература

Основная:

1. Каттралл, Р. В. Химические сенсоры / Р.В. Каттрал – М.: Научный мир, 2000.
2. Власов, Ю. Г. Проблемы аналитической химии, том 14: химические сенсоры / Ю. Г. Власов – М.: Наука, 2011.
3. Юркова, И.Л. Нанобиоаналитика : учеб. пособие / И.Л. Юркова – Минск : БГУ, 2019.
4. Banica, F. G. Chemical sensors and biosensors: fundamentals and applications / F.G. Banica – John Wiley & Sons. 2012.
5. Gründler, P. Chemical sensors: an introduction for scientists and engineers / P. Gründler – Springer Science & Business Media. 2007.
6. Патрушева, Т. Н. Сенсорика. Современные технологии микро-и наноэлектроники / Т. Н. Патрушева – Москва : Инфра-М ; Красноярск : СФУ, 2014.

Дополнительная:

7. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях / И. А. Мясников [и др.] – М.: Наука, 1991. – 327 с.
8. Артемьев, М. В. Новые неорганические соединения и материалы на основе микро- и наноразмерных частиц: получение, свойства, применение / М.В. Артемьев, А.И. Лесникович, О.А. Ивашкевич – Минск : БГУ, 2015
9. Петрухин О. М., Максименко О. О. Сенсоры в аналитической химии // Российский химический журнал. – 2008. – Т. 52, № 4. – С. 3-6.
10. Janata J. Principles of chemical sensors. Springer Science & Business Media, 2010.
11. Baldini F., Chester A.N., Homola J., Martellucci S. Optical chemical sensors (Vol. 224). Springer Science & Business Media, 2006.
12. McDonagh C., Burke C.S., MacCraith B.D. Optical chemical sensors // Chemical reviews. – 2008. – Vol. 108, № 2. – P. 400-422.
13. Fanget S., Hentz S., Puget P. et al. Gas sensors based on gravimetric detection—A review // Sensors and Actuators B: Chemical – 2011. – Vol.160, №1. – P. 804-821.
14. Shao Y., Wang J., Wu H. et al. Graphene based electrochemical sensors and biosensors: a review. // Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis – 2010. – Vol. 22, № 10. – P. 1027-1036.

15. Kimmel D. W., LeBlanc G., Meschievitz M. E., Cliffel D. E. Electrochemical sensors and biosensors // *Analytical chemistry*. – 2012. – Vol. 84, № 2. – P. 685-707.
16. Barsan M. M., Ghica M. E., Brett C. M. Electrochemical sensors and biosensors based on redox polymer/carbon nanotube modified electrodes: a review // *Analytica chimica acta* – 2015, – Vol. 881. – P. 1-23.
17. Moseley P. T. Progress in the development of semiconducting metal oxide gas sensors: a review // *Measurement Science and Technology* – 2017. – Vol. 28, № 8. – P. 082001.
18. Kohl D. Function and applications of gas sensors // *Journal of Physics D: Applied Physics*. – 2001. – Vol. 34, №19. –P. R125.
19. Kohl D. The role of noble metals in the chemistry of solid-state gas sensors // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 1990 –Vol.1. –P. 158–165.
20. Dey A. Semiconductor metal oxide gas sensors: A review // *Materials Science and Engineering: B*. – 2018. – Vol. 229. – P. 206–217.
21. Yamazoe N. Toward innovations of gas sensor technology // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2005. – Vol. 108, – № 1–2. – P. 2–14.
22. Länge K., Rapp B. E., Rapp M. Surface acoustic wave biosensors: a review // *Analytical and bioanalytical chemistry*. – 2008. – Vol. 391, № 5. – P. 1509–1519.
23. Rahman M., Ahammad A. J., Jin J. et al. A comprehensive review of glucose biosensors based on nanostructured metal-oxides. *Sensors*, – 2010. – Vol. 10, № 5. – P. 4855–4886.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Текущий контроль качества усвоения знаний по данной учебной дисциплине может осуществляться с использованием следующих форм диагностики компетенций:

1. Подготовка обзора (в письменной форме или в виде презентации) по оригинальным научным работам, предложенным преподавателем в рамках одного из разделов программы (по выбору студента) с последующим его аудиторным обсуждением;

2. Коллоквиумы в формате обсуждения ситуационных заданий, предложенных преподавателем, в процессе подготовки вышеуказанного научного обзора.

3. Контрольные работы по темам № 1, 2, 4, 6

4. Экзамен по дисциплине.

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации (постановление МО №53 от 29.05.2012 г.);

2. Положения о рейтинговой системе БГУ (редакция 2015 г.);

3. Критериев оценки студентов (10 баллов).

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- представление презентаций – 30 %;
- написание контрольных работ – 40 %;
- ответы на коллоквиумах – 30 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценка по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационная оценка – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 4. Сенсоры, чувствительные к изменению массы (масс-сенсоры) (2ч.)

Задание 1. Используя материалы оригинальных научных работ предложить масс сенсор для определения белков.

Задание 2. Рассмотреть механизм детектирования белков на предложенном масс сенсоре

Форма контроля:

1. Коллоквиум.

Тема 6.2. Характеристика полупроводниковых газовых сенсоров (2ч.)

Задание 1. Используя оригинальные научные работы предложить полупроводниковый газовый сенсор для определения паров этанола.

Задание 2. Рассмотреть механизм детектирования паров этанола на предложенном полупроводниковом газовом сенсоре

Форма контроля:

1. Коллоквиум.

Примерная тематика практических занятий

Семинарское занятие № 1.

Представление и обсуждение студентами презентаций по темам, предложенным преподавателем, связанным с возможностью использования электрохимических сенсоров.

Семинарское занятие № 2.

Представление и обсуждение студентами презентаций по темам, предложенным преподавателем, связанным с возможностью использования биосенсоров.

Практическое занятие № 1.

Построение калибровочной кривой и определение концентрации этанола в выдыхаемом воздухе человека по выходным данным сенсора Figaro TGS822, полученным на приборе Алконт 01см.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса для студентов магистратуры целью преподавателя является не непосредственная передача информации, а систематизация разнородного оригинального материала, постановка проблемы, обозначение дискуссионных моментов и обучение студентов умению ориентироваться в разнообразных информационных ресурсах. Особое внимание уделяется организации самостоятельной работы студентов в различных формах, и прежде всего, работы с оригинальной научной литературой на английском языке. С учетом этого при организации учебного процесса по дисциплине “Химическая сенсорика” используются инновационные подходы и методы: исследовательский, эвристический, практико-ориентированный, развития критического мышления, метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод). Использование указанных методов предполагает:

- приобретение студентами знаний и умений для решения практических задач;
- выполнение творческих заданий и анализ ситуаций с использованием полученных знаний, собственного опыта, дополнительной литературы и иных источников с их критическим осмыслением, позволяющим делать обоснованные заключения по тем или иным вопросам, относящимся к изучаемой проблеме.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим семинарским занятиям;
- внеаудиторная работа с использованием онлайн-ресурса по учебной дисциплине;
- подготовка к экзамену.

Темы реферативных работ

1. Химические сенсоры для выявления диабета на ранних стадиях.
2. Сенсоры для контроля качества воздуха.
3. Химические сенсоры в медицине.
4. Способы детектирования микроконцентраций монооксида углерода.
5. Химический сенсор для выявления опьянения человека.
6. Новые подходы в химической сенсорике.
7. Механизмы детектирования газов восстановителей на полупроводниковых сенсорах.
8. Механизмы детектирования газов окислителей на полупроводниковых сенсорах.
9. Электронный нос.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Физические и химические сенсоры.
2. Характеристики сенсоров: чувствительность, селективность, порог обнаружения и др.
3. Каталитический газовый сенсор (пеллистор). Принцип работы. Используемые материалы. Ограничения и преимущества.
4. Флуоресцентные сенсоры. Принцип работы. Примеры использования флуоресцентных сенсоров.
5. Спектрофотометрические сенсоры. Принцип работы. Ограничения и преимущества.
6. Микровесы на кварцевых кристаллах. Принцип работы. Используемые материалы. Ограничения и преимущества.
7. Сенсоры на поверхностных акустических волнах. Принцип работы. Используемые материалы. Ограничения и преимущества.
8. Толсто пленочные и тонкопленочные газовые сенсоры. Принцип работы. Материалы, используемые для создания чувствительного элемента. Ограничения и преимущества.
9. Потенциометрические сенсоры. Принцип работы. Используемые материалы. Ограничения и преимущества.
10. Кондуктометрические сенсоры. Принцип работы. Используемые материалы. Ограничения и преимущества.
11. Кулонометрические сенсоры. Принцип работы. Используемые материалы. Ограничения и преимущества.
12. Биосенсоры. Принципы работы. Область применения.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Модификация полимеров	Кафедра высокомолекулярных соединений	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол № 5 от 13 ноября 2019 г.
Спектроскопия ЯМР в исследовании органических соединений	Кафедра органической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол № 5 от 13 ноября 2019 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № ____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой
к.х.н.

Е.И. Василевская

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
доктор химических наук,
член-корр. НАН Беларуси

Д.В. Свиридов

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает:

- осуществление магистрантами лично-значимых открытий окружающего мира;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает освоение содержание курса через решения практических задач.

При организации образовательного процесса используется *метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)*, который предполагает:

- приобретение магистрантами знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

При организации образовательного процесса *используется метод проектного обучения*, который предполагает приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.