

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

аналитической химии



Т.В. Елисеева

23.05.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.02 Наноматериалы в химических и физических сенсорах

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 04.04.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** Химия, физика и механика новых функциональных материалов и наноматериалов
- 3. Квалификация выпускника:** Магистр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** 1002 аналитической химии
- 6. Составители программы:** Паршина Анна Валерьевна, д.х.н.
- 7. Рекомендована:** Научно-методический Совет химического факультета, 27.03.2025, протокол № 10-03
- 8. Учебный год:** 2026 / 2027

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является:

– знакомство с основными типами наноматериалов для химических и физических сенсоров, общими подходами к сборке и управлению характеристиками чувствительного слоя сенсоров, наиболее актуальными приложениями наномодифицированных сенсоров.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить основные типы наноматериалов и подходы к организации на их основе химических и физических сенсоров, уметь классифицировать функции наноматериалов в зависимости от типа детектирования;
- овладеть принципами организации и функционирования электрохимических и оптических сенсоров на основе наноматериалов, в том числе микрофлюидных и мультисенсорных устройств;
- ознакомиться с приложениями сенсоров на основе наноматериалов для анализа жидких и газообразных сред для нужд медицины, фармации, технологического и экологического мониторинга.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Часть, формируемая участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули).

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: базовые знания фундаментальных разделов физики, неорганической, физической, аналитической химии и химии высокомолекулярных соединений, основ современного материаловедения, навыки практической работы в области физики и химии, владение математическим аппаратом и основами цифровых технологий.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: электрохимические технологии в синтезе новых материалов.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации или доклада	ПК-2.1	Анализирует результаты исследования с использованием современных методов обработки данных	Знать: основные принципы влияния состава и архитектуры химических и физических сенсоров на основе наноматериалов на их метрологические характеристики. Уметь: выбрать способы оптимизации метрологических характеристик химических и физических сенсоров посредством модификации материалов. Владеть: представлениями о современных методах обработки данных, используемых в мультисенсорных системах.
		ПК-2.2	Умеет оформлять результаты в виде отчета и научной публикации и выступать с научным докладом	Знать: принципы поиска и анализа современной научной литературы на примере заданных тем рефератов по программе дисциплины. Уметь: представить результаты поиска и анализа современной научной литературы в виде отчета по ГОСТ 7.32-2017 на примере заданных тем рефератов по программе дисциплины. Владеть: навыками представления устного доклада с презентацией на примере литературного анализа отдельных аспектов применения наноматериалов в химических и физических сенсорах для анализа

				жидких и газообразных сред для нужд медицины, фармации, технологического и экологического мониторинга.
ПК-3	Способен овладеть в профессиональной деятельности основными типовыми методами синтеза и анализа веществ, элементного и фазового состава, структуры и свойств материалов (включая наноматериалы)	ПК-3.1	Способен использовать знания о составе, структуре и свойствах материалов для решения задач материаловедения	Знать: основные типы наноматериалов и принципы организации на их основе химических и физических сенсоров. Уметь: классифицировать функции наноматериалов в зависимости от типа детектирования сенсоров. Владеть: подходами к модификации материалов сенсоров, позволяющими оптимизировать их характеристики для решения конкретных задач анализа.
		ПК-3.2	Владеет основными методами синтеза и анализа веществ	Знать: принципы сборки и управления характеристиками чувствительного слоя химических и физических сенсоров. Уметь: выбрать тип реализации сенсора или сенсорной системы и способа детектирования для решения конкретных задач анализа. Владеть: общими подходами создания сенсоров на основе наночастиц металлов и их оксидов, углеродных материалов, электропроводящих полимеров, полимерных электролитов и их композитов, в том числе в формате микрофлюидных и мультисенсорных устройств.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. – 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
					3 семестр
Аудиторные занятия		36		36	
в том числе:	лекции	18		18	
	практические	18		18	
	лабораторные				
Самостоятельная работа		72		72	
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации (зачет)					
Итого:		108		108	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			

1.1	Наноматериалы для сенсоров: общие вопросы	Понятия наноматериала, композиционного и гибридного материала. Основные типы наноматериалов и подходы к сборке на их основе чувствительных элементов сенсоров. Основные типы химических и физических датчиков, функционирующих на основе наноматериалов. Заимствование наноматериалов для сенсоров из других приложений. Основные области применения сенсоров на основе наноматериалов: медицина, фармация, технологический и экологический анализ.	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957
1.2	Наноматериалы для электрохимических сенсоров	Основные принципы организации и функционирования электрохимических сенсоров: вольтамперометрических, амперометрических, потенциометрических. Функции наноматериалов в электрохимических сенсорах разного типа. Модификация материалов электрохимических сенсоров как способ управления концентрационной поляризацией. Влияние состава и архитектуры электрохимических сенсоров на основе наноматериалов на их метрологические характеристики. Модификация материалов электрохимических сенсоров как способ борьбы с фаулингом. Наноматериалы в мультисенсорных электрохимических системах. Анализ жидких и газообразных сред.	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957
1.3	Наноматериалы для оптических сенсоров	Основные принципы функционирования оптических сенсоров на основе наноматериалов. Влияние состава и архитектуры оптических сенсоров на основе наноматериалов на их метрологические характеристики. Мультисенсорные оптические системы на основе модифицированных материалов. Анализ жидких и газообразных сред.	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957
2. Практические работы			
2.1	Наноматериалы для сенсоров: общие вопросы	Наноматериалы на основе наночастиц металлов и их оксидов, углеродных материалов, электропроводящих полимеров: функции в сенсорах различного типа, способы получения. Модифицированные полимерные электролиты: материалы систем хранения и накопления энергии в сенсорах различного типа. Молекулярно-импринтированные полимеры как материалы сенсоров. Микрофлюидные устройства на основе наноматериалов. Основные принципы организации носимых устройств.	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957
2.2	Наноматериалы для электрохимических сенсоров	Угольнопастовые электрохимические сенсоры на основе наноматериалов. Печатные электрохимические сенсоры на основе наноматериалов. Полностью твердотельные электрохимические сенсоры на основе наноматериалов. Мембранные и не мембранные электрохимические сенсоры с наночастицами различной природы и ионофорами и/или молекулярно-импринтированными полимерами. Микрофлюидные устройства с электрохимическим типом детектирования.	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957

2.3	Наноматериалы для оптических сенсоров	Трафаретная печать для создания оптических сенсоров. Микрофлюидные оптические сенсоры. Носимые оптические платформы на основе наноматериалов.	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957
-----	---------------------------------------	---	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Наноматериалы для сенсоров: общие вопросы	6	6	0	24	36
2	Наноматериалы для электрохимических сенсоров	8	8	0	32	48
3	Наноматериалы для оптических сенсоров	4	4	0	16	24
	Итого:	18	18	0	72	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина реализуется с привлечением дистанционных образовательных технологий. Лекции реализуются с использованием инструментов электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), сервиса видеоконференций (BigBlueButton). Практические занятия реализуются в очном формате.

Основными учебными материалами при освоении дисциплины являются презентации лекций, аудиозаписи лекций, размещенные в ЭУМК (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957>), а также собственные конспекты лекций и результаты практических занятий.

Студенты выполняют самостоятельную работу, пользуясь основной, дополнительной литературой, учебными материалами, размещенными в ЭУМК (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957>), а также другими ресурсами для электронного обучения (п. 15, 16) и базами данных.

Обучение и аттестация лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Все необходимые для освоения дисциплины материалы дублируются в визуальной и аудиальной форме в ЭУМК (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957>). На практических занятиях, реализуемых очно, допускается присутствие ассистентов и использование вспомогательных устройств для записи и хранения информации, в том числе преобразования визуальной информации в аудиальную и наоборот. При необходимости практические занятия могут быть реализованы в дистанционном формате. Промежуточная аттестация студентов с нарушением слуха проводится в письменной форме с общими критериями оценивания. Промежуточная аттестация студентов с нарушением зрения проводится в устной форме с общими критериями оценивания. Промежуточная аттестация студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата может быть реализована дистанционно. При необходимости время подготовки при аттестации может быть увеличено.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Химические сенсоры. Сер.: Проблемы аналитической химии. Т. 14/под ред. ЮГ Власова. М.: Наука, 2011. 399 с. : ил. – ISBN: 978-5-02-037511-6 – Текст : непосредственный.
2	Ярославцев А. Б. Мембраны и мембранные технологии //М.: Научный мир. – 2013. – 612 с. : ил. – ISBN 978-5-91522-366-9 – Текст : непосредственный.
3	Майстренко В. Н., Евтюгин Г. А. Энантиоселективные сенсоры //М.: Лаборатория знаний. – 2023. – 262 с. : ил. – ISBN 978-5-93208-610-0 – Текст : непосредственный.
4	Darwish M. A. et al. Advancements in nanomaterials for nanosensors: a comprehensive review //Nanoscale Advances. – 2024. Т. 6. – С. 4015-4046.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

5	Manjakkal L., Szwagierczak D., Dahiya R. Metal oxides based electrochemical pH sensors: Current progress and future perspectives //Progress in Materials Science. – 2020. – Т. 109. – С. 100635.
6	Gergeroglu H., Yildirim S., Ebeoglugil M. F. Nano-carbons in biosensor applications: An overview of carbon nanotubes (CNTs) and fullerenes (C60) //SN Applied Sciences. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. 603.
7	Tajik S. et al. Developments and applications of nanomaterial-based carbon paste electrodes //RSC advances. – 2020. – Т. 10. – №. 36. – С. 21561-21581.
8	Suresh R. R. et al. Fabrication of screen-printed electrodes: opportunities and challenges //Journal of Materials Science. – 2021. – Т. 56. – С. 8951-9006.
9	Godja N. C., Munteanu F. D. Hybrid nanomaterials: a brief overview of versatile solutions for sensor technology in healthcare and environmental applications //Biosensors. – 2024. – Т. 14. – №. 2. – С. 67.
10	Imali D. Y. et al. Conducting polymer functionalization in search of advanced materials in ionometry: ion-selective electrodes and optodes //RSC advances. – 2024. – Т. 14. – №. 35. – С. 25516-25548.
11	Fathy M. A., Bühlmann P. Next-Generation Potentiometric Sensors: A Review of Flexible and Wearable Technologies //Biosensors. – 2025. – Т. 15. – №. 1. – С. 51.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
12	ЭУМК, https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10957
13	ЗНБ ВГУ, www.lib.vsu.ru/
14	Электронно-библиотечная система BOOK.ru, https://www.book.ru/
15	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online", http://biblioclub.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Марков В. Ф. Наноматериалы: получение, свойства и применение : учебное пособие / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева ; под общей редакцией В. Ф. Маркова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. – 160 с. : ил. – ISBN 978-5-7996-3644-9. – Текст : непосредственный.
2	Потенциометрические и вольтамперометрические методы исследования и анализа : учеб.-метод. пособие / Н. А. Малахова, А. В. Ивойлова, Н. Н. Малышева, С. Ю. Сараева, А. В. Охохонин ; под общ. ред. С. Ю. Сараевой ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 160 с. : ил. – ISBN 978-5-7996-2617-4 – Текст : непосредственный.
3	Сидоров, А.И., Сенсорная фотоника. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 96 с. – Текст : непосредственный.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся с использованием инструментов электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>). Смешанное обучение может распространяться на практические занятия для обеспечения равнодоступной и качественной образовательной среды, в том числе для лиц с ограниченными возможностями здоровья. Для освоения дисциплины рекомендуется список литературы и ресурсы для ЭО (п. 15).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий: типовое оборудование учебной аудитории, проектор, мобильный экран для проектора, ноутбук с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

По решению кафедры зачет может быть выставлен на основании положительных результатов текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Нanomатериалы для сенсоров: общие вопросы	ПК-2 ПК-3	ПК-2 ПК-2 ПК-3 ПК-3	Устный опрос, защита рефератов
2	Нanomатериалы для электрохимических сенсоров	ПК-2 ПК-3	ПК-2 ПК-2 ПК-3 ПК-3	Устный опрос, защита рефератов
3	Нanomатериалы для оптических сенсоров	ПК-2 ПК-3	ПК-2 ПК-2 ПК-3 ПК-3	Устный опрос, защита рефератов
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Билеты к зачету

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Реферат

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень:

1. Наночастицы металлов, оксидов металлов, углеродных материалов и их композиты: функции в сенсорах различного типа, способы получения.
2. Углеродные наноматериалы, электропроводящие полимеры и их композиты: функции в сенсорах различного типа, способы получения.
3. Модифицированные полимерные электролиты: материалы систем хранения и накопления энергии в сенсорах различного типа.
4. Молекулярно-импринтированные полимеры как материалы сенсоров.
5. Микрофлюидные устройства на основе наноматериалов.
6. Основные принципы организации носимых устройств.
7. Угольнопастовые электрохимические сенсоры на основе наноматериалов.
8. Печатные электрохимические сенсоры на основе наноматериалов.
9. Полностью твердотельные электрохимические сенсоры на основе наноматериалов.
10. Мембранные и не мембранные электрохимические сенсоры с наночастицами различной природы и ионофорами и/или молекулярно-импринтированными полимерами.
11. Микрофлюидные устройства с электрохимическим типом детектирования.
12. Трафаретная печать для создания оптических сенсоров.
13. Микрофлюидные оптические сенсоры.
14. Носимые оптические платформы на основе наноматериалов.

Описание технологии проведения: оформление реферата по ГОСТ 7.32-2017, защита реферата в форме устного доклада с презентацией.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания:

Отлично – реферат оформлен в соответствие с ГОСТ 7.32-2017, презентация имеет логичную структуру и полностью раскрывает тему, обучающийся в полной мере владеет

теоретическими аспектами темы, представляет грамотный анализ современной научной литературы.

Хорошо – реферат оформлен в соответствии с ГОСТ 7.32-2017, презентация имеет логичную структуру и раскрывает тему, обучающийся владеет теоретическими аспектами темы, представляет анализ современной научной литературы, допускает незначительные ошибки и неточности, которые исправляются после замечания преподавателя.

Удовлетворительно – реферат оформлен в соответствии с ГОСТ 7.32-2017, презентация не в полной мере раскрывает тему, теоретические аспекты темы изложены не полностью, без обоснований, объяснений, наблюдаются значительные затруднения при анализе современной научной литературы, которые устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.

Неудовлетворительно – при оформлении реферата не соблюден ГОСТ 7.32-2017, презентация не в полной мере раскрывает тему, обучающийся показывает фрагментарный, обучающийся показывает несистематические, отрывочные знания, допускает грубые, принципиальные ошибки, которые не устраняются после дополнительных наводящих вопросов, что соответствует не освоению компетенций.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Перечень вопросов №1:

1. Наноматериал, композиционный и гибридный материал. Основные типы наноматериалов и подходы к сборке на их основе чувствительных элементов сенсоров.
2. Основные типы химических и физических датчиков на основе наноматериалов, функции наноматериалов в зависимости от типа детектирования.
3. Основные принципы организации и функционирования вольтамперометрических и амперометрических сенсоров на основе наноматериалов.
4. Основные принципы организации и функционирования потенциометрических сенсоров на основе наноматериалов.
5. Модификация материалов электрохимических сенсоров как способ управления концентрационной поляризацией.
6. Микрофлюидные устройства на основе наноматериалов.
7. Модификация материалов электрохимических сенсоров как способ борьбы с фаулингом.
8. Наноматериалы в мультисенсорных электрохимических системах: анализ жидких сред.
9. Наноматериалы в мультисенсорных электрохимических системах: анализ газообразных сред.
10. Основные принципы организации и функционирования оптических сенсоров на основе наноматериалов.
11. Мультисенсорные оптические системы на основе модифицированных материалов: анализ жидких и газообразных сред.

Перечень вопросов №2:

1. Наночастицы металлов и их оксидов как материалы сенсоров.
2. Углеродные наноматериалы как материалы сенсоров.
3. Электропроводящие полимеры в композиционных наноматериалах сенсоров.
4. Молекулярно-импринтированные полимеры как материалы сенсоров.
5. Основные принципы организации носимых устройств.
6. Угольнопастовые электрохимические сенсоры на основе наноматериалов.
7. Печатные электрохимические сенсоры на основе наноматериалов.
8. Полностью твердотельные электрохимические сенсоры на основе наноматериалов.
9. Мембранные и не мембранные электрохимические сенсоры с наночастицами различной природы и ионофорами и/или молекулярно-импринтированными полимерами.
10. Трафаретная печать для создания оптических сенсоров.
11. Носимые оптические платформы на основе наноматериалов.

Описание технологии проведения: собеседование по билетам.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания:

Повышенный уровень сформированности компетенций – обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач, что соответствует полному освоению компетенций.

Базовый уровень сформированности компетенций – обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач, допускает незначительные ошибки, неточности, которые исправлены после замечания преподавателя, что соответствует не достаточно полному освоению компетенций.

Пороговый уровень сформированности компетенций – ответ на контрольно-измерительный материал неполный, без обоснований, объяснений. Демонстрирует частичные знания учебного материала, значительные затруднения в вопросах решения практических задач, что показывает недостаточное владение компетенциями. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.

При демонстрации студентом повышенного, базового или порогового уровня сформированности компетенций выставляется зачет. Зачет не может быть выставлен, если ответ на контрольно-измерительный фрагментарный, обучающийся показывает несистематические, отрывочные знания, допускает грубые, принципиальные ошибки, которые не устраняются после дополнительных наводящих вопросов, что соответствует не освоению компетенций.

20.3. Задания, рекомендованные к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины

Контроль освоения ПК-2

ПК-2. Закрытые вопросы

1. Какие из перечисленных наноматериалов способствуют повышению проводимости и емкости двойного слоя трансдьюсера, снижая время отклика и повышая чувствительность сенсора (выберите два варианта ответа)?

А) Nafion

Б) оксид графена, модифицированный наночастицами Ag

В) молекулярно-импринтированный полимер

Г) нановолокна полианилина

2. Какой из перечисленных наноматериалов не способствует повышению селективности сенсора?

А) углеродные нанотрубки

Б) наночастицы Ag с иммобилизированным ионофором

В) молекулярно-импринтированный полимер

3. Какой из перечисленных наноматериалов не способствует повышению устойчивости сенсора к фаулингу?

А) Ag

Б) Pt

В) Nafion

Г) цвиттерионный полимер

ПК-2. Комбинированные вопросы

1. Какой способ получения электропроводящих полимеров способствует повышению адгезии модифицирующего слоя к электронному проводнику и увеличению стабильности отклика сенсора?

Электрохимическая полимеризация.

2. Какой способ позволяет повысить чувствительность и воспроизводимость и снизить перенапряжение угольнопастовых сенсоров?

Модификация наночастицами металлов, оксидов, углеродных материалов их композитов.

3. Какие приемы позволяют подавить нежелательное распределение электропроводящего полимера в мембрану, устранив неконтролируемое изменение ее состава, и повысить стабильность сенсора?

Наноструктурирование электропроводящего полимера и/или его модификация неорганическими наночастицами.

ПК-2. Открытый вопрос

Сформулируйте главное отличие сенсорной платформы и мультисенсорной системы.

Сенсорная платформа представляет собой объединение в одно устройство набора селективных сенсоров, а мультисенсорная система включает массив низкоселективных (перекрестно чувствительных) сенсоров.

Контроль освоения ПК-3

ПК-3. Закрытые вопросы

1. Какие из перечисленных углеродных материалов не относятся к наноматериалам (выберите два варианта ответа)?

А) графит

Б) графитовые углеродные наноструктуры

В) углеродный порошок

Г) графен

Д) графеновые квантовые точки

Е) углеродные нанотрубки

2. Можно ли отнести к гибриднему материалу углеродные нанотрубки, модифицированные наночастицами оксида металла?

А) да

Б) нет

3. Можно ли отнести к композиционному материалу наноленты графена, модифицированные нановолокнами полианилина?

А) да

Б) нет

ПК-3. Комбинированные вопросы

1. Какими способами металлоксидные слои могут быть нанесены на подложки разной природы при создании твердоточных сенсоров?

Трафаретная печать, электроосаждение, золь-гель метод, магнетронное и радиочастотное распыление.

2. Каковы способы функционализации электропроводящих полимеров?

Получение производных сополимеризацией мономеров с замещенными функциональными группами с незамещенными мономерами или прививкой полимерных цепей на предварительно сформированный полимер или поверхность неорганических наноструктур; наноструктурирование формированием в виде нановолокон и/или интегрированием в них неорганических наночастиц; получение многокомпонентных композитов.

3. Каковы способы функционализации углеродных нанотрубок?

Поверхностная модификация и эндоэдральное заполнение внутренней полости.

ПК-3. Открытый вопрос

Сформулируйте общий принцип работы микрофлюидных устройств на основе химических и физических сенсоров.

Предварительное концентрирование аналита реализуется посредством концентрационной поляризации в микро- и наноканалах, обеспечивая возможность анализа образцов малого объема и сверхнизких концентраций аналитов.