

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 04.09.2023 11:05:09  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d7bc8f8bca882b8d8b2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
  
И.Г. Игнатова  
«2» сентября 2020 г.  
М.П.  


## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Химические сенсоры»

Направление подготовки – 28.04.03 «Наноматериалы»  
Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов для сенсорики»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-1** «Способен проводить экспериментальные исследования, участвовать в разработке современных технологических маршрутов и процессов по производству изделий сенсорики» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.006** «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

**Обобщенная трудовая функция С[7]** Осуществление технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей

**Трудовая функция - С/01.7** Организация выполнения научно-исследовательских работ в соответствии с тематическим планом отдела (отделения)

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.ХС Способен аргументированно выбирать типы химических сенсоров для выполнения поставленных задач	– Исследование свойств наноматериалов и изделий на их основе с помощью современных методов анализа – Поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной и патентной поддержки проводимых исследований	Знание основные типы химических сенсоров и принципов их работы Умение оптимально выбирать комплекс системы Опыт анализа информации и подготовки экспериментальные исследований

**Компетенция ПК-3** «Способен разрабатывать и обеспечивать процессы жизненного цикла изделий сенсорики» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.005** «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»

**Обобщенная трудовая функция С[7]** Процессы жизненного цикла продукции

**Трудовые функции: С/02.7** Планирование разработки продукции в части, касающейся контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов, а также их разработки и выбора

**С/07.7** Освоение нового оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов

**С/08.7** Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-3.ХС Способен применять знания о принципах работы различных химических сенсоров при разработке изделий сенсорики	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Исследование свойств наноматериалов и изделий на их основе с помощью современных методов анализа</li> <li>– Поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной и патентной поддержки проводимых исследований</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает основные принципы работы химических сенсоров различного вида</li> <li>Умение выбирать конкретные типы сенсоров для определения заданных параметров</li> <li>Опыт выбора новых методик контроля и измерения свойств наоматериалов</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, изучается на 1 курсе в 1 семестре (очная форма обучения).

Входные требования к дисциплине - Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах бакалавриата «Химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Низкотемпературные методы синтеза наноструктурированных материалов»

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуального задания практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	4	144	16	-	32	60	Экз (36)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа(часы)	Формы текущего контроля
	Лекции(часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия(часы)		
1. Общие представления о сенсорах	2	-	4	5	КР
2. Физико-химические основы процессов распознавания вещества в химических сенсорах	4	-	4	9	КР
3. Электрохимические сенсоры	2	-	8	10	опрос
					Практическое задание
4. Оптические сенсоры	2	-	6	10	опрос
					Практическое задание
5. Импедансные сенсоры	2	-	4	7	опрос
					Практическое задание
6. Калориметрические и масс-чувствительные сенсоры	2	-	4	7	опрос
					Практическое задание
7. Химические микросенсоры	2	-	-	4	опрос
					Практическое задание
8. Перспективы развития сенсорной техники	-	-	2	8	Доклад

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Общие представления о сенсорах. Основные типы сенсоров. Параметры сенсоров
2	2	2	Физико-химические основы процессов распознавания вещества в химических сенсорах. Адсорбция аналита на поверхности распознающего элемента
	3	2	Стереоспецифическое взаимодействие аналита с реагентом. Химическое и биологическое распознавание

3	4	2	Электрохимические сенсоры. Основные принципы действия, виды
4	5	2	Оптические сенсоры. Основные принципы действия, виды
5	6	2	Импедансные сенсоры. Основные принципы действия, виды
6	7	2	Калориметрические и масс-чувствительные сенсоры. Основные принципы действия, виды
7	8	2	Химические микросенсоры. Основные принципы действия, виды

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Параметры сенсоров
	2	2	Методы обработки аналитического сигнала
2	3	2	Виды адсорбции. Кинетика процесса распознавания аналита. Перенос заряда. Медиаторы
	4	2	Ионоселективные и модифицированные электроды. Методы иммобилизации биологических реагентов
3	5	2	Потенциометрические сенсоры
	6	2	Амперометрические и вольтамперометрические сенсоры
	7	2	Кондуктометрические и вердоэлектродные сенсоры
	8	2	Сенсоры на основе полевых транзисторов
4	9	2	Спектрофотометрические сенсоры и сенсоры на основе спектроскопии внутреннего отражения
	10	2	Сенсоры на основе фото- и хемилюминесценции
	11	2	Рефрактометрические сенсоры
5	12	2	Резистивные сенсоры на основе широкозонных полупроводников (металлооксидные сенсоры)
	13	2	Сенсоры на основе органических полупроводников. Емкостные сенсоры
6	14	2	Калориметрические сенсоры
	15	2	Сенсоры на основе пьезоэффекта
8	16	2	Перспективы развития сенсорной техники

#### 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	3	Изучение материалов лекций и практических занятий
	2	Подготовка к контрольной работе
2	6	Изучение материалов лекций и практических занятий
	3	Подготовка к контрольной работе
3	5	Изучение материалов лекций и практических занятий
	2	Подготовка к опросу
4	5	Изучение материалов лекций и практических занятий
	2	Подготовка к опросу
5	3	Изучение материалов лекций и практических занятий
6	3	Изучение материалов лекций и практических занятий
5-7	3	Подготовка к опросу
3-7	15	Подготовка практического задания
8	8	Подготовка доклада

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

#### **Модуль 1 «Общие представления о сенсорах»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к контрольной работе.

#### **Модуль 2 «Физико-химические основы процессов распознавания вещества в химических сенсорах»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к контрольной работе

#### **Модуль 3 «Электрохимические сенсоры»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к опросу и выполнению индивидуального задания, для которого также рекомендуется использовать свободные источники информации (журналы, справочные материалы, патентные базы и т.д.)

#### **Модуль 4 «Оптические сенсоры»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к опросу и выполнению индивидуального задания, для которого также рекомендуется использовать свободные источники информации (журналы, справочные материалы, патентные базы и т.д.)

#### **Модуль 5 «Импедансные сенсоры»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к опросу и выполнению индивидуального задания, для которого также рекомендуется использовать свободные источники информации (журналы, справочные материалы, патентные базы и т.д.)

#### **Модуль 6 «Калориметрические и масс-чувствительные сенсоры»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к опросу и выполнению индивидуального задания, для которого также рекомендуется использовать свободные источники информации (журналы, справочные материалы, патентные базы и т.д.)

#### **Модуль 7 «Химические микросенсоры»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки к опросу и выполнению индивидуального задания, для которого также рекомендуется использовать свободные источники информации (журналы, справочные материалы, патентные базы и т.д.)

#### **Модуль 8 «Перспективы развития сенсорной техники»**

✓ Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы: изучению материалов лекций и практических занятий, подготовки доклада, для которого также рекомендуется использовать свободные источники информации (журналы, справочные материалы, патентные базы и т.д.)

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Applications of Nanomaterials in Sensors and Diagnostics [Электронный ресурс] / Adisorn Tuantranont, ed. - : Springer, 2013. - (Volume 14. Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors). - URL : <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-36025-1> (дата обращения: 27.09.2020). - ISBN 978-3-642-36024-4 (Print); 978-3-642-36025-1 (Online).
2. Optical Nano- and Microsystems for Bioanalytics [Электронный ресурс] / Wolfgang Fritzsche, Jurgen Popp, editors. - : Springer, 2012. - (Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors. Volume 10). - URL : <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-25498-7> (дата обращения: 27.09.2020). - ISBN 978-3-642-25497-0 (Print); 978-3-642-25498-7 (Online).

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. **Лань: электронно-библиотечная система.** – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/>(дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **SCOPUS** : библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - режим доступа: для авториз. Пользователей МИЭТ
4. База American Chemical Society (ACS) : [сайт]. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
5. Electrochemical Society : [сайт]. – URL: <http://ecsd.org/> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Проектор, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры, интернет	Операционная система Windows, пакет MS Office
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Professional Plus браузер Acrobat reader DC



## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-1.ХС «Способен аргументированно выбирать типы химических сенсоров для выполнения поставленных задач»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-3.ХС «Способен применять знания о принципах работы различных химических сенсоров при разработке изделий сенсорики»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

- *лекции*, цель которых состоит в рассмотрении теоретических вопросов дисциплины;
- *практические занятия*, цель проведения которых – углубленное изучение некоторых разделов курса, а также контроль выполнения студентами внеаудиторной самостоятельной работы
- *внеаудиторная самостоятельная работа*, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации, подготовка индивидуального задания. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем лекционного курса.

Курс состоит из 8 модулей. Первые два модуля являются основными, дающими базовые понятия, закономерности разработки и функционирования химических сенсоров различных типов. Модули с 3 по 7 являются блоками, посвященными определенным видам сенсоров. В каждом модуле разбираются принципы работы сенсоров, примеры реализации, области применения. На практических занятиях в рамках этих модулей в ходе проведения дискуссии рассматривается возможность применения изучаемых сенсоров в профессиональной деятельности каждого обучающегося. Данный вид задания позволит обучающимся на собственных задачах оценить ширину и практичность изучаемой области. Проведенный анализ позволит обучающимся лучше ориентироваться в материале при выполнении индивидуального задания. Последний модуль направлен на обобщение информации в разрезе современных тенденций и технологий. В рамках этого модуля каждый обучающийся проводит анализ перспективности использования сенсорных устройств в профессиональной деятельности, повседневной жизни.

Практическое задание направлено на развитие способности аргументированно выбирать типы химических сенсоров для выполнения поставленных задач. Область

действия задается преподавателем, задачей обучающегося является очертить круг сенсорных устройств используемых для обеспечения функционирования заданной области, а также предложить и аргументировать варианты изменения системы. Результаты выполнения индивидуального задания публично представляются на последнем занятии, обсуждаются в группе и с преподавателем. Итоговый отчет представляется преподавателю после доработки на основе полученных комментариев и замечаний.

### 11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *экзамен*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи экзамена по дисциплине разработаны ФОСы, включающие тестовые задания и практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 70	3
71 – 85	4
86 – 100	5

### РАЗРАБОТЧИК:

Доцент института ПМТ, к.т.н.  / А.Г.Борисов /

Рабочая программа дисциплины «Химические сенсоры» по направлению подготовки 28.04.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов для сенсорики» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора института ПМТ

 /А.В. Железнякова /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки  / Т.П.Филиппова /