


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института физики,  
д.ф.м.н., профессор  
 С.Б. Вениг  
2023 г.

Рабочая программа дисциплины  
**Основы сенсорики**

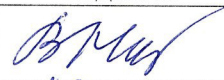
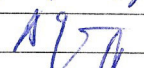
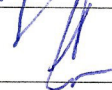
Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата  
«Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2023 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Названов В.Ф.		08.06.23
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		08.06.23
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		08.06.23
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы сенсорики» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений (владений) и усвоение механизмов работы сенсоров (датчиков), их основных характеристик и практического применения в технике и медицине.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование знаний об общих особенностях сенсоров и сенсорных систем;
- формирование умений теоретически исследовать основные физические и химические процессы и явления, используемые для создания химических и биосенсоров;
- овладение методами и навыками экспериментального исследования и теоретического расчета характеристик сенсоров, оптимизации режимов их работы;
- формирование знаний практического применения химических и биосенсоров различного функционального назначения.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Основы сенсорики» относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы и изучается студентами очной формы обучения Института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем», в течение 8-го учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, электродинамике сплошных сред, физике полупроводников и находится в тесной взаимосвязи с изучаемыми в этом же семестре такими дисциплинами как «Микроэлектроника и наноэлектроника», «Твердотельная электроника», «Квантовая и оптическая электроника», а также рядом дисциплин при продолжении обучения в магистратуре.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p><b>ПК – 4</b> Способен проводить анализ современного состояния методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур</p>	<p><b>1.1_Б. ПК-4.</b> Демонстрирует знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур.</p>	<p><u>Знать</u> - современное состояние и перспективы развития сенсорики; - основные физические и химические процессы и явления, используемые в физических, химических и биосенсорах различного типа; - основные подходы к теоретическому описанию и анализу основных характеристик химических и биосенсоров; - примеры применения химических и биосенсоров в медицине;</p> <p><u>Уметь</u> - теоретически анализировать и оптимизировать основные характеристики сенсоров; - анализировать и прогнозировать работоспособность химических и биосенсоров.</p> <p><u>Владеть</u> - знаниями о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур, применяемых в наносенсорике; - методами теоретического описания основных характеристик сенсоров.</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лабораторные		Пр	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка		
1.	Введение	8	1	1				
2.	Химические сенсоры и биосенсоры. Основные сведения	8	1	1			2	опрос
3.	Электрохимические сенсоры	8	2-3	4			6	Опрос, контрольная работа
4.	Оптические хемосенсоры и биосенсоры	8	4-8	10			10	опрос
			1,3,5,7,9,11			11		
5.	Гравиметрические химические сенсоры и биосенсоры	8	9-10	4			2	опрос
6.	Термометрические химические сенсоры	8	11	2			2	опрос
7.	Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований	8	12	2			1 2	опрос
8.	Перспективы развития сенсорики. Сенсоры на основе МЕМ-и МОЕМ-систем	8	13	2			2	опрос
			13			1		
9.	Сенсорика и нанотехнология. Наносенсорика	8	14	2			1 4	Опрос, реферат
<b>Итого:</b>		<b>8</b>		<b>28</b>			<b>14 30</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>		<b>8</b>						<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>					<b>72</b>			

## Содержание дисциплины

### 1. Введение.

Наука о сенсорах – сердцевина информационной технологии. Основные понятия. Понятие сенсора (датчика). Основные характеристики сенсоров. Классификация сенсоров по принципу действия (физические, химические, биосенсоры). Требования к современным датчикам.

### 2. «Химические сенсоры и биосенсоры. Основные сведения.

Функциональная схема химических (био-)сенсоров. Основные типы физических преобразователей (трансдюсеров). Распознающие элементы. Аналитические характеристики. Области применения.

### 3. Электрохимические сенсоры.

Основные типы. Потенциометрические газовые сенсоры и биосенсоры. Амперометрические сенсоры. Кондуктометрические сенсоры и биосенсоры. Сенсоры и биосенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.

### 4. Оптические хемосенсоры и биосенсоры.

Конструкции, типы. Применение эффектов поглощения света и флуоресценции. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения. Биосенсоры на поверхностных плазмонах. Биосенсоры на локализованных плазмонах.

### 5. Гравиметрические химические сенсоры и биосенсоры.

Пьезоэлектрический эффект в кристаллах, принципиальные основы. Пьезоэлектрические газовые сенсоры и биосенсоры. Кварцевые кристаллические микровесы. Распространение акустических волн в кристаллах, режимы распространения. Гравиметрические сенсоры на поверхностных акустических волнах, схемы, применение. Сенсоры на объемных акустических волнах, основные типы, примеры использования.

### 6. Термометрические химические сенсоры.

Основные типы термометрических сенсоров (калориметрические сенсоры, каталитические газовые сенсоры и измерители теплопроводности). Термисторы, конструкции, принцип действия, примеры их использования в биосенсоре в качестве ферментного термистора. Каталитический газовый сенсор пеллистерного типа (пеллистер), конструкция, принцип действия. Измерители теплопроводности, используемые для определения газов в газовой хроматографии, схемы, принцип действия.

### 7. Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований.

Анализ современного состояния разработок микроэлектронных датчиков (МЭД) для медицинских и биологических исследований. Основные типы и характеристики применения биомедицинских МЭД (типы МЭД, измеряемые характеристики биологических объектов, цели измерений, основные особенности).

### 8. Перспективы развития сенсорики. Сенсоры на основе МЕМ - и МОЕМ-систем.

Тенденция развития «от сенсоров к микроаналитическим системам».

## **9. Сенсорика и нанотехнология. Наносенсорика.**

Наноскопические сенсоры. Клеточные биосенсоры. Сенсорика и наноплазмоника

### **Тематика практических занятий (семинаров)**

1. Химические сенсоры и биосенсоры. Основные сведения.
2. Электрохимические сенсоры.
3. Оптические хемосенсоры и биосенсоры.
4. Гравиметрические (пьезоэлектрические) химические сенсоры.
5. Термометрические химические сенсоры.
6. Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований.
7. Химические и биосенсоры на основе микро-электро-механических и микро-опто-электро-механических систем (МЕМС и МОЕМС).
8. Наносенсорика.

### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

В преподавании дисциплины «Основы сенсорики» используются следующие образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий, встречи с известными специалистами и экспертами.

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальный анализ различных типов и механизмов работы химических и биосенсоров в соответствии с приведенным выше содержанием дисциплины.

### **Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения

- использование дистанционных образовательных технологий

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов проводится в течение всего периода освоения дисциплины и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к семинарским занятиям.

### Рекомендуется:

-при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать литературу по теме занятия.

Ниже приведен расширенный перечень тем для самостоятельной работы студентов:

1. Химические сенсоры и биосенсоры, основные сведения. Функциональная схема химических (био-) сенсоров. Основные типы физических преобразователей (трансдюсеров). Распознающие элементы. Аналитические характеристики.

2. Электрохимические сенсоры и биосенсоры. Потенциметрические, амперометрические и кондуктометрические химические и биосенсоры. Сенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.

3. Оптические химические и биосенсоры. Применение эффектов поглощения света и флуоресценции. Сенсоры, основанные на основе спектроскопии внутреннего отражения. Сенсоры на основе эффекта резонанса поверхностных плазмонов. Биосенсоры на локализованных плазмонах.

4. Гравиметрические (пьезоэлектрические) химические и биосенсоры.

5. Термометрические химические сенсоры.

6. Микроэлектронные датчики для медико-биологических исследований.

8. Микросенсорика. МЕМ- и МОЕМ-системы – новое перспективное направление развития датчиков и исполнительных устройств. Тенденция развития «от сенсоров к микроаналитическим системам».

8. Наносенсорика. Наноскопические сенсоры. Клеточные биосенсоры.

При реализации программы дисциплины «Основы сенсорики» студентам предлагаются контрольные работы по вопросам:

1. Химические сенсоры, основанные на явлении поглощения света в веществах.

2. Химические сенсоры, основанные на эффекте фотолюминесценции.

3. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения света.

4. Химические сенсоры, основанные на эффекте возбуждения поверхностных плазмонов на границе металл – диэлектрик.

В ходе освоения дисциплины в часы практических занятий студенты выполняют контрольную работу.

При подготовке к контрольной работе необходимо использовать пройденный материал и соответствующую учебно-методическую литературу.

#### Контрольная работа.

##### Вариант А.

1. Пьезоэлектрические биосенсоры. Кварцевые пьезоэлектрические микровесы.
2. Биосенсоры на поверхностных плазмонах.

##### Вариант Б.

1. Биосенсоры на основе МОЭМ-систем.
2. Биосенсоры на локализованных плазмонах.

При выполнении контрольной работы студент должен продемонстрировать знания по основным положениям пройденных тем.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Кроме того, при реализации программы данной дисциплины студентам предлагается выполнить реферат. Темы рефератов, предлагаемых студентам, соответствуют содержанию дисциплины «Основы сенсорики».

#### Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Химические и биосенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.
2. Газовые сенсоры, используемые в системах «электронного» носа: типы, состояние и перспективы разработок.
3. Химические и биосенсоры на основе локализованных плазмонов в металлических наночастицах.
4. Полупроводниковые квантовые точки – новый тип флуорофоров и люминесцентных меток.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

**Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

1. Определение сенсора.
2. Классификация сенсоров по принципу действия.



3. Функциональная схема химического сенсора.
4. Основные типы трансдюсеров химических сенсоров.
5. Основные типы распознающих элементов.
6. Распознающие элементы химических сенсоров и биосенсоров.
7. Потенциометрические химические сенсоры.
8. Амперометрические сенсоры.
9. Кондуктометрические газовые сенсоры на основе окислов металлов.
10. Сенсоры на основе полупроводниковых полевых транзисторов.
11. Основные типы оптических биосенсоров.
12. Оптические сенсоры на основе спектроскопии внутреннего отражения.
13. Оптические биосенсоры на основе резонанса поверхностных плазмонов.
14. Оптические биосенсоры на основе локализованных плазмонов в наночастицах.
15. Использование пьезоэлектрического эффекта в химических и биосенсорах.
16. Термометрические сенсоры для анализа газов.
17. Химические сенсоры и биосенсоры на основе МЕМС - и МОЕМС-структур.
18. Химические сенсоры и биосенсоры на основе наноструктур.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	20	0	20	20	0	10	30	100

### *Программа оценивания учебной деятельности студента*

#### **8 семестр**

##### **Лекции**

Посещаемость, опрос, активность и др. – от 0 до 20 баллов.

##### **Лабораторные занятия**

Не предусмотрены.

##### **Практические занятия:**

Посещаемость, корректность выполнения заданий - от 0 до 20 баллов.

##### **Самостоятельная работа**

Выполнение заданий на самостоятельную работу - от 0 до 20 баллов.

### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

### **Другие виды учебной деятельности:**

Контрольная работа, реферат - от 0 до 10 баллов

### **Промежуточная аттестация (зачёт)**

Зачёт проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

*при проведении промежуточной аттестации*

*ответ на «зачтено» оценивается от 10 до 30 баллов;*

*ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 9 баллов;*

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Основы сенсорики» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Основы сенсорики» в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине и в конце семестра.

Оценка (зачёт) студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) литература:

1. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. - М.: Техносфера, 2005. -336 с. (в ЗНБ СГУ 15 экз)
2. Новейшие датчики : [учеб.-моногр.] / Р. Г. Джексон ; пер. с англ. под ред. В. В. Лучинина. - 2-е изд., доп. - Москва : Техносфера, 2008. - 397 с. (в ЗНБ СГУ 10 экз.), 2007. – 380 с. (9 экз.)
3. Химические и биологические сенсоры: основы и применения: монография / Ф. - Г. Баника ; пер. с англ. И. М. Лазера под ред. В. А. Шубарева ; ред. - консультант Д. Фотт. - Москва : Техносфера, 2014. – 879 с. (в ЗНБ СГУ 9 экз)
4. Физические основы биосенсорики [**Электронный ресурс**] : Учебное пособие / Г. П. Горбенко, В. М. Трусова, М. П. Евстигнеев. - Москва : Вузовский учебник ; Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 140 с. - ЭБС «ИНФРА-М»
5. Наноплазмоника в наносенсорике и нанофотонике: учебное пособие / В. Ф. Названов. - Саратов : Новый ветер, 2015. – 85 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз)
6. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник.- М.: Техносфера, 2006. -588 с. (в ЗНБ СГУ 8 экз.).

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов (<http://window.edu.ru>)
6. Курс: интеллектуальные сенсоры // <http://www.intuit.ru/>
7. Smartdust – Wikipedia, the free encyclopedia.
8. Smart dust Sensors – Google Search.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Основы сенсорики» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, наглядными демонстрационными материалами и пр. (презентации, плакаты и пр.).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» с учётом профиля подготовки «Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор

Профессор Названов В.Ф.

Программа разработана в 2019 г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 03 декабря 2019 года, протокол № 4.

Программа актуализирована в 2023 г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 8 июня 2023 года, протокол № 10.

### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Рекомендуемая литература:

1. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под ред. Э. Удда ; пер. с англ. И. Ю. Шкадиной.-М.: Техносфера, 2008.- 520 с. (в ЗНБ СГУ 13 экз.).
2. Войтович И. Д. Интеллектуальные сенсоры [**Электронный ресурс**]: учебное пособие / Войтович И. Д. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 1164 с. - ЭБС IPRbooks.
3. Каттралл Р.В. Химические сенсоры. - М.:Научный мир, 2000. -144с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
4. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. Пер. с англ.- М.: Издат. Дом «Вильямс», 2004.- 240 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.).
5. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики.- М.: Техносфера, 2006. - 632 с. (в ЗНБСГУ 1 экз.).
6. Биосенсоры: основы и приложения. Пер. с англ./ Под ред. Э.Тернера, И. Карубе, Дж .Уилсона. –М.: Мир, 1992.(в ЗНБ СГУ 1 экз.).
7. Оптоволоконные сенсоры=Optical Fiber Sensors Principles and components/ Б. Калшо, Дж. Дейкин, А. Роджерс.- Вып. 1: Принципы и компоненты. – М.: Мир, 1992. -438 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)