

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕНСОРНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.04.04 Электроника и микроэлектроника

Семестр	Трудоёмкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	3	108	16	32	0		60	0	30
Итого	3	108	16	32	0	0	60	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются основные физические принципы построения и функционирования сенсорных элементов и систем, способных к глубокой обработке полученных сигналов, к учету нелинейностей и влияний окружения, к рациональному изменению режимов работы в зависимости от обстоятельств. Уточнены понятия "сенсор" и "интеллектуальный сенсор", «датчик», описаны функциональные схемы простых и сложных сенсоров, приведена их классификация. Рассмотрены различные виды механических, акустических, электрических, электромагнитных, электрохимических и оптических сенсоров, объясняются физические принципы их действия. Приведены многочисленные примеры их применения. Изложены подходы к проектированию интеллектуальных сенсоров, раскрыты принципы построения и важнейшие технические характеристики их основных конструктивных узлов, программного построения, описаны способы селекции полезных сигналов. Очерчены направления дальнейшего развития сенсорных систем на основе автономности и распределенности.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дать основные физические представления о принципах построения и функционирования современных устройств на основе сенсорных технологий, примерах их применения, возможностях и перспективах применения сенсорных систем.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Профессиональный модуль, дисциплина по выбору

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и	материалы, компоненты, электронные приборы,	ПК-2.1 [1] - Способен применять методы, концепции, модели экспериментальной	З-ПК-2.1[1] - Знать: законы, концепции, экспериментальные методы и модели

<p>технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей; сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; разработка методики, проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем; разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере; подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и</p>	<p>устройства, установки, методы их исследования, математические модели</p>	<p>физики конденсированного состояния вещества, физики микро- и наносистем, фотоники для создания и эксплуатации элементов и устройств, функционирующих на принципах опто- и наноэлектроники, нанофотоники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.006</p>	<p>экспериментальной физики конденсированного состояния вещества, лазерной физики, физики микро- и наносистем, принципы функционирования элементов и устройств фотоники, оптоэлектроники и наноэлектроники ; У-ПК-2.1[1] - Уметь: анализировать научно-техническую проблему, поставленную научно-техническую и технологическую задачу в области физики конденсированного состояния вещества, физики наноструктур, нанофотоники и предлагать возможные пути их решения; В-ПК-2.1[1] - Владеть: навыками экспериментальной работы на специализированном научном оборудовании и устройствах в области нанофотоники, физики наноструктур, лазерной физики, опто- и наноэлектроники, моделирования с использованием существующих программных пакетов и численных расчетов применительно к поставленной задаче</p>
---	---	---	--

защита объектов интеллектуальной собственности			
производственно-технологический			
разработка технических заданий на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники; проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства; разработка технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники; обеспечение технологичности изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценка экономической эффективности технологических процессов: авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства;	электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования, технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование информационные технологии, наукоемкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий и компьютерных технологий жизненного цикла изделий и продукции, технологии виртуальной реальности, технологии быстрого прототипирования, производственные технологии, нанотехнологии	ПК-15 [1] - способен к руководству разработкой и оптимизацией технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002	З-ПК-15[1] - Знать: физико-технологических основы функционирования и производства приборов квантовой электроники и фотоники. ; У-ПК-15[1] - Уметь: разрабатывать и оптимизировать технологию производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов; В-ПК-15[1] - Владеть: навыками руководства разработкой и оптимизацией технологии производства приборов электроники и наноэлектроники.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1
2	Второй раздел	9-16	8/16/0		25	КИ-16	3-ПК-15, У-ПК-15, В-ПК-15
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	30	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-15, У-ПК-15, В-ПК-15

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Первый раздел	8	16	0
	Тема 1 Основные понятия. Сенсор и датчик. Функциональная схема простого сенсора. Активные и пассивные сенсоры. Сенсорно-компьютерные системы. Интеллектуальные сенсоры и их классификация по назначению, точности, габаритам и массе, принципу действия и природе первичного сигнала. Комбинированные сенсоры. Предел обнаружения, чувствительность и селективность. Виды механических сенсоров. Микросистемные технологии. Деформационные чувствительные элементы и деформационные интеллектуальные сенсоры.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн	0	0

	Механические сенсоры перемещения. Система глобального позиционирования и сенсоры GPS. Сенсоры линейного и углового перемещения. Энкодеры. Линейные и угловые акселерометры. Микромеханические гироскопы-акселерометры. Вибрационные сенсоры. Кантилеверы и виброанализаторы. Хроматографические сенсоры.			
	Тема 2 Акустические сенсоры. Физические основы работы акустических сенсоров. Приемники акустических сигналов. Микрофоны. Гидрофоны. Стетоскопы. Поверхностные микрофоны. Портативные звукоанализаторы. Гидроакустические телефоны и прослушивающие устройства. Активные акустические сенсоры: тонометры, эхолоты и гидролокаторы. Ультразвуковые сенсоры расстояния. Датчики для УЗ исследований. Интеллектуальные сенсоры для сейсморазведки. Метод спектрально-сейсморазведочного профилирования. Сенсоры на поверхностных акустических волнах: их конструкция и реализация. Химические и биологические сенсоры на ПАВ. Применение ПАВ в адаптивных композитных структурах.	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		
	Тема 3 Электрические сенсоры: физические основы работы и классификация. Резистивные, емкостные и импедансные сенсоры. Вольтаические сенсоры. Сенсоры на диодах, полевых и биполярных транзисторах. Цифровые фотоаппараты и видеокамеры, тепловизоры. Тактикоскопические сенсоры. Электромагнитные сенсоры. Интеллектуальные магнитные сенсоры. Сверхчувствительные магнитные сенсоры на сквидах для медицины. Сканирующий микроскоп на сквидах. Индуктивные сенсоры.	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		
	Тема 4 Электрохимические сенсоры. Классификация и принцип работы. Селективность. Потенциметрические ЭХ газовые и биосенсоры. Химически чувствительный полевой транзистор. Кондуктометрические, импедансные, амперометрические и кулонометрические газовые и жидкостные сенсоры. Примеры ЭХ сенсорных анализаторов: воды, алкоголя, глюкозы. Лаборатории на чипе.	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		
9-16	Второй раздел	8	16	0
	Тема 5 Классификация оптических сенсоров. Спектрофотометрические сенсоры. Фотоплетизмографы. Оксиметры и пульсоксиметры. Неинвазивные СФ сенсоры. Сенсоры гемоглобина. Сенсор кровенаполнения. Спектрофотометрические глюкометры. Сенсор для измерения хлорофилла в листьях растений. Люминесцентные сенсоры. Хронофлуорометры. Сенсоры с люминесцентными маркерами. Селективная	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		

	модификация поверхности. Биоллюминесцентные сенсоры. Сцинтилляционные сенсоры. Сенсоры на основе фотонных кристаллов и их применение для высокочувствительного детектирования нитроорганических соединений.			
	Тема 6 Поверхностный плазмонный резонанс и его применение для построения сенсоров. Виды кривой ППР. ППР для биохимического анализа. ППР-сенсоры с параллельным и расходящимся пучком. Промышленные ППР-сенсоры. Съёмные рецепторные чипы. Волоконно-оптические ППР-сенсоры. Мультисенсорные технологии. «Smart-dust» концепция создания полностью автономных распределенных сенсорных систем: от идеи до практической реализации	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		
	Тема 7 Сенсорика биопатогенов: подходы и принципы. Сенсоры биопатогенов на основе иммунохимического анализа и ПЦР-диагностики. Сенсоры на основе проточной оптической технологии, работающие в реальном времени. Методы и устройства концентрирования биоаэрозолей, интегрированные с сенсорными диагностическими модулями. Сенсорика на основе биоллюминесценции в иммуноаналитических методах.	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		
	Тема 8 Тенденции развития сенсорных технологий: новые материалы, методики применения. Развитие электронных систем обработки сенсорных сигналов. Беспроводная передача информации. Интеграция в диагностические системы для прикладных применений.	Всего аудиторных часов		
2		4	0	
Онлайн				
0	0	0		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются современные предметно-ориентированные и лично-ориентированные образовательные технологии. При проведении лекций используются наглядные формы демонстрации учебного материала на мультимедийном проекторе в виде презентаций, а также выступление приглашенных сотрудников кафедры

физики микро- и наносистем и других подразделений НИЯУ МИФИ, занимающихся исследованиями в области создания сенсоров и сенсорных систем. Проведение семинаров предусматривает проведение дискуссий и выступления студентов с докладами по темам занятий.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-15	З-ПК-15	ЗО, КИ-16
	У-ПК-15	ЗО, КИ-16
	В-ПК-15	ЗО, КИ-16
ПК-2.1	З-ПК-2.1	ЗО, КИ-8
	У-ПК-2.1	ЗО, КИ-8
	В-ПК-2.1	ЗО, КИ-8

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении предмета "Сенсорные методы и технологии" студент должен твердо понимать основные физические принципы построения сенсорных технологий.

Курс состоит из разделов, описывающих различные датчики и устройства на их основе, которые классифицируются в соответствии с физической природой первичного сигнала. Для каждого типа датчиков студент должен четко понимать принцип действия и физическое явление, лежащее в основе функционирования датчиков, и области и специфику применения этих сенсоров. Особое внимание следует уделить технологии обработки информационных сигналов и построению на ее основе "умных" устройств, подключенных по сетевому принципу.

Студент должен обладать пониманием технологических методов и требований, используемых при разработке и производстве существующих и будущих сенсорных элементов, знать основные направления развития и методы реализации сенсорных функций в различных областях человеческой деятельности, включая применение в биомедицинской диагностике.

Обучающийся, для успешного освоения данного курса, должен знать:

- высшую математику в соответствии с основными разделами курса высшей математики в университетском объеме;
- разделы курса теоретической физики в части квантовой механики, статистической физики, физики твердого тела, теории поля;
- курс общей физики,
- основы ядерной физики,
- основы электротехники и электроники.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс логически поделен на два раздела:

1. Первый раздел посвящен классификации различных сенсоров и формулировке основных определений и устройств на их основе, по физической природе первичного информационного сигнала. Требуется дать основные определения - чувствительности, динамического диапазона, линейности, предела обнаружения, селективности, разрешения. Классифицировать механические, акустические, электрические, электромагнитные, электрохимические, оптические, люминесцентные, и сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса. При изложении материала особое внимание студентов следует сконцентрировать на принципах действия каждого из рассмотренных типов сенсоров.

2. Второй раздел посвящен условиям и областям применения уже существующих сенсоров, а также разработке новых устройств на их основе. При изложении материала особое внимание следует уделить технологиям обработки информационного сигнала и построения на его основе «умных» устройств, объединенных по сетевому принципу. Необходимо сформулировать и описать основные тенденции развития сенсорных технологий: энергоавтономность, самодиагностика, самокалибровка, необслуживаемость, дистанционность, создание сенсорных сетей. Следует определить основные этапы разработки сенсоров, начиная с постановки задачи, через стадии эскизного и технического проекта, изготовления конструкторской документации и заканчивая испытаниями.

Многие студенты закончили региональные университеты, в которых уровень преподавания в рамках курса «Общей физики» сильно отличается от стандарта НИЯУ МИФИ. Поэтому при изложении материала, помимо прочего, необходимо особое внимание уделить вводным разделам. Лекции должны сопровождаться наглядным иллюстративным материалом, в частности, с использованием компьютерных технологий. Следует уделить особое внимание практическим расчетам, выполняемым самими студентами при работе над текущими заданиями. Допускается использование студентами справочных материалов, необходимых для проведения численных расчетов. Формулировку практических заданий следует выполнять подробно, а так же допускать использование интернет-ресурсов при работе над заданиями.

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем устного опроса, которое проводится 2 раза в семестр. Ответы на вопросы для текущего контроля должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы.

Автор(ы):

Котковский Геннадий Евгеньевич, к.ф.-м.н.