Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физические основы микро- и наносистемной техники

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль: Полупроводниковые микро- и наносистемы

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**6**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	56
4	Лекции, час.	34
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	8
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	88
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №924 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 09.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, обязательная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
	ОПК-1. 2 Использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	ПК-4/ПК Готов рассчитывать и проектировать основные параметры техники наноструктурных материалов различного функционального назначения
	ПК-4/ПК. 1 Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций / Результаты обучения	Формы организации занятий
ОПК-1. 2 Использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности.	
знать физические принципы работы основных структур и компонентов нано- и микросистемной техники	Лекции; Самостоятельная работа
знать основы классификации объектов нано- и микросистемной техники	Лекции; Самостоятельная работа
уметь обосновывать выбор конкретного пути решения инженерной задачи с опорой на конструктивные особенности рассматриваемого объекта и физические особенности рассматриваемого явления	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь проводить систематические исследования, анализ и синтез информации, полученной из литературных источников.	Самостоятельная работа
ПК-4/ПК. 1 Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов	
знать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Лекции; Самостоятельная работа
уметь применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь рассчитывать основные параметры компонентов микро- и наносистемной техники	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь строить физические и математические модели элементов и компонентов микро- и наносистемной техники	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Классификация микросистем. Основные определения и термины.					

1. Общая концепция микросистемы.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Общая терминолония микросистем. Элементы и компоненты. Классификация сенсоров и преобразователей. Актюаторы. МЭМС-конвертеры, МЭМС-интерфейсы, МЭМС-контроллеры. Сигнальный процессор.
2. Общие вопросы микросистемной техники.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Тензор, как математический объект. Ковариантные и контравариантные координаты. Правило суммирования Эйнштейна. Преобразование тензора при смене базиса. Сенсор, как измерительная микросистема. Основные метрологические характеристики сенсора.
3. Технологические основы микросистемной техники.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Трёхмерное профилирование кремния. SCREAM- и Bosch-процессы. LIGA-процесс. "Жертвенные" технологии. HEXSIL- и HARPSS-технологии. Микропечать и стереолитография. Субмикронная импринтная литография. Анодное соединение элементов микросистем. Прямое сращивание кремния с кремнием.
4. Введение в наносистемную технику.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Наносистемная техника, как развитие микросистемной техники. Нанотрубки, нанопроволоки и наноплёнки. Механизм VLS. Методы создания нанообъектов: метод дугового разряда, метод солнечного испарения, метод осаждения из газовой фазы, метод трафаретной печати, метод направленного выращивания нанопроволок. Разделение нанопроволок и управление ими.
Дидактическая единица: Механические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

5. Тензорезистивные сенсоры механических величин.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Тензоры деформаций и механических напряжений. Закон Гука в тензорной и матричной формах. Условия жёсткого защемления. Принцип Сен-Венана. Тензорезистивный эффект в металлах и в кремнии. Влияние температуры и степени легирования кремния. Топологии тензорезистивных сенсоров давления: "собачья кость", меандр, "Греческий крест".
6. Другие виды сенсоров механических величин.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Свойства поликристаллического кремния. Тензорезистивный эффект в поликристаллическом кремнии. Сенсоры ёмкостного типа. Математическая модель сенсора давления ёмкостного типа. Основные концепции построения акселерометров. Математическое описание работы акселерометра. Конструкция кремниевого тензорезистивного акселерометра.
7. Пьезоэлектрические сенсоры и введене в микрофлюидику.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Пьезоэлектрические материалы. Физическое описание пьезоэлектрического сенсора. Микрофлюидика, как область микросистемной техники. Расходомеры. Сенсоры плотности и вязкости. Микросистемные клапаны и их конструктивные особенности.
Дидактическая единица: Термические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

8. Физические основы работы термических сенсоров.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Термические сенсоры, как измерительные приборы. Механизмы теплообмена. Электротепловая аналогия. Феноменологическое описание конвективного теплообмена. Критерии подобия. Термоанемометры. Термические сенсоры, чувствительные к направлению теплового потока. Термические вакуумметры.
9. Другие виды термических сенсоров и микросистем.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Принципы работы терморезисторов. Особенности работы металлических и полупроводниковых терморезисторов. Диоды и транзисторы в качестве термочувствительных элементов. Термисторы. Элементы Пельтье и Джоуля-Томсона. Термический конвертер среднеквадратического напряжения. Биморфный термический актюатор. Микроэлектромеханические нагреватели.
Дидактическая единица: Оптические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
10. Физические основы работы оптических сенсоров.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Общие принципы работы и классификация. Метрологические характеристики. Энергетический и фотометрический подход к описанию излучения. Оптические сенсоры прямого действия: фоторезисторы, фотодиоды, солнечные ячейки.

11. Другие виды оптических микросистем.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Оптические сенсоры непрямого действия: термопары, пирометры, болометры, тепловизоры. Ячейки Голея. Общая характеристика оптических актюаторов. Светоизлучающие диоды (LED, OLED). Газовые и твердотельные лазеры. Лампы накаливания. Торсионные микрозеркала. Электростатические модуляторы мембранного типа и другие оптические модуляторы.
Дидактическая единица: Магнитные сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
12. Физические основы работы магнитных сенсоров и микросистем.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Общие принципы магнитных измерений. Эффект Холла в металлах и полупроводниках. Учёт рассеяния зарядов, формы области растекания тока и геометрии контактов. Метрологические характеристики сенсоров Холла. Физический и геометрический магниторезистивный эффекты. Конструкции магниторезисторов. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы с одним и двумя коллекторами. Полевые магнитотранзисторы.
13. Магнитометры.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Шкала магнитных полей. Виды магнитометров. Феррозондовые и туннельные магнитометры. Эффект сверхпроводимости. Бозе- и ферми-газы. Бозе-конденсация и куперовские пары. Термическое разрушение сверхпроводящего состояния. Разрушение сверхпроводящего состояния под влиянием тока и магнитного поля. Эффект Джозефсона и его применение. Сверхпроводящие квантовые интерферометры (СКВИДы).
Дидактическая единица: Химические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

14. Физические основы работы химических сенсоров и микросистем.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Общая характеристика и классификация химических сенсоров. Пассивные химические сенсоры: хеморезисторы, хемоконденсаторы, металлооксидные сенсоры, микрокалориметры. Активные химические сенсоры: химические полевые транзисторы (ХЧПТ), трнанзисторы адсорбционного типа, ионно-чувствительные и биоселективные полевые транзисторы (ADFET, ISFET, CHEMFET).
15. Другие виды химических сенсоров, преобразователей и микросистем.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Электрохимические преобразователи. Конструкция и принцип действия электрохимической ячейки. Гравиметрические сенсоры. "Электронные носы" и "электронные языки". Оптические химические сенсоры. Тензорезистивные pH- и rH-метры. Общие принципы работы химических микроаналитических систем. Электрофорез и ПЦР-методы.
Дидактическая единица: Биологические сенсоры и микросистемы, нейроинтерфейсы.					
16. Биологические сенсоры и микросистемы.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Основные принципы работы биологических сенсоров. Оптические, термические, ионно-селективные, электрохимические, энзимные биосенсоры. Физические особенности их работы. Основные принципы работы биологических актюаторов. Нервный импульс, как биологический сигнал. Биоэлектрические интерфейсы. Биомеханические микросистемы.
Дидактическая единица: Детекторы ионизирующего излучения.					

17. Детекторы ионизирующего излучения.	2	0	0	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Ионизирующее излучение: альфа-, бета-, гамма-, нейтронное излучение, их характеристики. Радиометрия. Сцинтилляционные счётчики. Счётчики Гейгера - Мюллера. Ионизационная камера. Полупроводниковые детекторы. Другие детекторы ядерных частиц.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Классификация микросистем. Основные определения и термины.					
1. Программный комплекс ANSYS, как среда моделирования микросистем.	4	2	2	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Знакомство с программным комплексом ANSYS Mechanical, изучение его основных функций, системы поиска информации, подготовка презентации и сообщения по одной из тем, предложенных в списке.
Дидактическая единица: Механические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
2. Создание геометрии микросистем с помощью Mechanical APDL.	4	2	2	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Общая характеристика и запуск приложения ANSYS Mechanical APDL. Описание рабочего стола ANSYS Mechanical APDL, Аналитический расчёт ключевых точек создаваемой модели. Рисование геометрии модели (задание ключевых точек, линий, площадей, объёмов). Решение практических задач.

3. Моделирование механических свойств упругих элементов микросистем.	4	2	2	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Изучение команд языка программирования APDL. Задание свойств материала. Задание типа конечного элемента. Задание граничных условий. Разбиение модели на конечные элементы. Задание пути вывода данных. Вывод распределения прогибов, деформаций и механических напряжений на заданный путь. Аналитический расчёт прогибов, деформаций и механических напряжений. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования. Решение практических задач.
4. Исследование модели тензорезистивного сенсора давления.	4	2	2	ОПК-1.2,ПК-4/ПК.1	Аналитический расчёт нагрузочной характеристики и чувствительности тензочувствительного элемента. Создание геометрии тензорезистивной структуры. Наложение граничных условий и нагрузок. Расчёт нагрузочной характеристики в каждом из положений тензочувствительного элемента. Исследование зависимости вида нагрузочной характеристики от питания тензочувствительного элемента от источника напряжения и от источника тока. Расчёт чувствительности тензочувствительного элемента по результатам моделирования. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования. Формирование вывода.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Механические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
1. Тензорезистивный эффект.	3	0	0	ОПК-1.2	Общая характеристика тензорезистивного эффекта. Тензорезистивный эффект в металлах. Феноменологическое описание тензорезистивного эффекта в кремнии. Тензоры эластопроводности и пьезосопротивления. Влияние температуры и степени легирования на тензорезистивный эффект. Нанопроволоки в качестве чувствительных элементов.
2. Физические основы работы акустических сенсоров.	3	0	0	ОПК-1.2	Звуковые волны, их характеристики. Электромехано-акустическая аналогия. Акустические индуктивность, сопротивоение и ёмкость. Закон Пуазейля. Конструктивные особенности микрофонов.
3. Механические актюаторы.	3	0	0	ОПК-1.2	Электростатический принцип актюации. Электростатические механические актюаторы балочного типа. Торсионные электростатические актюаторы. Роторные и линейные микромоторы. Механические резонаторы.
Дидактическая единица: Оптические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
4. Магнитометры и другие магнитные сенсоры.	3	0	0	ОПК-1.2	Общая характеристика магнитометров. Эффект Ганна и магнитометры на его основе. Феррозондовые и туннельные магнитометры. Магнитные сенсоры на туннельных диодах.

5. Физические основы работы магнитных микросистем.	3	0	0	ОПК-1.2	Магнитооптический эффект Фарадея и его применение на практике. Эффекты магнитной анизотропии. Магнитострикционный эффект. Фотоэлектромагнитный эффект.
6. Магнитные актюаторы и микросистемы.	3	0	0	ОПК-1.2	Микроэлектромагниты и их применение. Магнитные читающие и записывающие головки. Другие виды магнитных микросистем (магнитная дверца, магнитные дефектоскопы, магнитно-резонансные сенсоры).
Дидактическая единица: Химические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
7. Инженерно-физические основы измерения влажности.	3	0	0	ОПК-1.2	Основные термины и соотношения. Измерения при помощи конденсационного гигрометра. Измерения при помощи сорбционного гигрометра. Тензорезистивный pH- и rH-метры. Гигрометры резистивного типа. Гигрометры ёмкостного типа.
8. Химические преобразователи.	3	0	0	ОПК-1.2	Химические микроаналитические системы. Электрофорез и ПЦР, микросистемы на их основе. Лаборатории на чипе.
Дидактическая единица: Биологические сенсоры и микросистемы, нейроинтерфейсы.					
9. Биомеханические микросистемы.	3	0	0	ОПК-1.2	Биомеханические микросистемы. Цитоскелеты и микротрубочки, реснички и жгутики. Мышцы.
10. Другие биологические сенсоры и биомикросистемы.	3	0	0	ОПК-1.2	Гибридные биосенсоры. Механические и термические биомикросистемы. Нейроинтерфейсы.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)

1	Программный комплекс ANSYS, как среда моделирования микросистем.	Лб	Выполняет следующие виды работ: оценка функциональности дизайна программного комплекса ANSYS, извлечение информации из справочной системы, составление презентации и сообщения, подготовка ответов на контрольные вопросы.
2	Создание геометрии микросистем с помощью Mechanical APDL.	Лб	Выполняет следующие виды работ: аналитиечский расчёт координат узлов модели. Рисование геометрии модели в приложении ANSYS Mechanical APDL. Решение практических задач.
3	Моделирование механических свойств упругих элементов микросистем.	Лб	Выполняет следующие виды работ: изучение команд языка программирования APDL. Задание свойств материала. Задание типа конечного элемента. Задание граничных условий. Разбиение модели на конечные элементы. Задание пути вывода данных. Вывод наспределения прогмбов, деформаций и механических напряжений на заданный путь. Аналитический расчёт прогибов, деформаций и механических напряжений. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования.
4	Исследование модели тензорезистивного сенсора давления.	Лб	Выполняет следующие виды работ: аналитический расчёт нагрузочной характеристики и чувствительности тензочувствительного элемента. Создание геометрии тензорезистивной структуры. Наложение граничных условий и нагрузок. Расчёт нагрузочной характеристики в каждом из положений тензочувствительного элемента. Исследование зависимости вида нагрузочной характеристики от питания тензочувствительного элемента от источника напряжения и от источника тока. Расчёт чувствительности тензочувствительного элемента по итогам моделирования. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования. Формирование вывода.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Исследовательская работа по моделированию узлов и элементов микросистем	ОПК-1.2,ПК-4/ ПК.1	48	0

В рамках исследовательской работы студенты самостоятельно, но под общим руководством ведущего лектора выполняют аналитическое и конечно-элементное моделирование узлов и элементов микросистем различного назначения и области применения. В рамках этого они составляют конечно-элементные модели в среде ANSYS или её аналогах, верифицируют их, и исследуют их поведение в различных режимах. : Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				
2	Подготовка к аттестации	ОПК-1.2,ПК-4/ ПК.1	10	4
: Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	ОПК-1.2	30	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Социальные сети
Консультирование	e-mail; Личный типовой сайт; Чат
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 6		
Самостоятельное изучение теоретического материала:	0	
Лекция:	0	
Лабораторная:	12	24
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412"		
РГЗ/Реферат:	18	36
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля		
		Защита Л/Р	Защита РГЗ/Р	Экзамен
ОПК-1	ОПК-1 2. Использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности.	+	+	+
ПК-4/ПК	ПК-4/ПК 1. Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Гридчин А. В. Инженерно-физические основы микросистем : учебное пособие / А. В. Гридчин; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025.- 135, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=229803

2. Гридчин А. В. Физические основы микросистемной техники. Моделирование в ANSYS Mechanical : учебное пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2026.- 199, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=230228

3. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699

4. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370

Дополнительная литература

1. Гридчин А. В. Микродатчики и микросистемы. Краткий курс лекций : [учебное пособие] / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021.- 224, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000245580

Интернет-ресурсы

1. Меледина Т. В. Методы планирования и обработки результатов научных исследований [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т. В. Меледина, М. М. Данина. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. - 110 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/70915. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Операционная система Microsoft Windows

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	Используется в учебном процессе
2	Источник постоянного напряжения Б5-46	Используется в учебном процессе