

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 19.10.2023 08:08:25  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:  
Руководитель ООП  
И.А. Каплунов  
«30» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Датчики и актюаторы

Направление подготовки

03.04.03. Радиофизика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

1 курса очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Педько Б.Б.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью дисциплины является формирование у студентов профессиональных знаний по физическим принципам и физическим эффектам, заложенным в основу построения датчиков и актуаторов для современной электроники. Дисциплина формирует базовые знания для понимания и постановки научной задачи создания, технологии расчета, принципов изготовления датчиковой аппаратуры с учетом последних достижений отечественной и зарубежной науки по данному направлению.

Задачами освоения дисциплины является формирование у обучающихся:

- способности к абстрактному мышлению, анализу, синтезу на основе владения терминологией, понятиями, основными законами и знаниями о явлениях физики для решения теоретических и практических инновационных задач по созданию датчиков и актуаторов;

- способности самостоятельно ставить научные задачи в области физического приборостроения датчиков и актуаторов и решать с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта и современных информационных технологий.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина располагается в части учебного плана ООП, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины.

Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении курса общей физики.

Профессиональные компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, необходимы для успешной работы обучающегося при выполнении выпускной квалификационной работы, а также для освоения таких дисциплин как «Программирование измерительных систем», «Цифровая обработка сигналов», «Твердотельная электроника», «Цифровые технологии в научном эксперименте».

**3. Объем дисциплины:** 2 зачетных единицы, 72 академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 30 часов;

**самостоятельная работа:** 42 часа.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-2</b> Способен проводить разработку и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования	<b>ПК-2.2.</b> Оперировать технологическим и измерительным оборудованием, организует контроль за работой оборудования <b>ПК-2.4.</b> Определяет целесообразность внедрений новой техники и технологий
<b>ПК-3</b> Способен обеспечить функционирование радиоэлектронных комплексов	<b>ПК-3.3.</b> Организует и проводит ремонт радиоэлектронных комплексов и их составных частей

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Зачет в 1 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции		
		всего	в т.ч. ПП	
История возникновения и развития элементной базы микросенсорной (датчиковой) техники. Классификация компонентов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия. Базовые конструкции и обобщенное описание компонентов микросистемной техники. Индустрия 4.0.	4	2		2
<b>Тема 1. Сенсоры (Датчики)</b> Классификация сенсоров (датчиков): назначение, вид преобразования, условия эксплуатации. Характеристики сенсоров (датчиков): диапазон измерения, чувствительность, точность, линейность, селективность. Погрешности измерений: температурный и временной дрейф параметров, шумы. Стандартизация и сертификация сенсоров (датчиков).	6	2		4
Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры.	6	2		4
Упругие, механические, тепловые, электрические, полупроводниковые, диэлектрические, магнитные и оптические свойства различных сред.	6	2		4
Микромеханические сенсоры. Механические конструкции: объемные, мембранные, балочные, струнные. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогироскопы, микрофоны.	12	4		8

Термоэлектрические сенсоры. Терморезистивные, термоэлектрические, термомеханические, пирозлектрические преобразователи. Датчики: температуры, потока, уровня жидкости, вакуума; терморпары, анемометры, болометры, термисторы, кондуктометры.	4	2		2
Оптические сенсоры: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотосчетчики. Датчики: светового потока (энергетические, спектральные), оптического поглощения, смещения, положения.	4	2		2
Магнитоэлектрические сенсоры: индуктивные преобразователи, магниторезисторы, магнитотранзисторы; датчики магнитного поля.	4	2		2
Химические сенсоры: электрохимические, термokatалитические, адсорбционные преобразователи; датчики состава жидкостей и газов; датчики влажности	4	2		2
Биологические сенсоры.	4	2		2
<b>Тема 2. Актуаторы</b> Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актуаторы	6	2		4
Устройства микросмещения, микропозиционирования, микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы	4	2		2
Термоактуаторы: микронагреватели, микрохолодильники.	6	2		4
Зачет	2	2		
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>30</b>		<b>42</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
История возникновения и развития элементной базы микросенсорной (датчиковой) техники. Классификация компонентов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия. Базовые конструкции и обобщенное описание компонентов микросистемной техники. Индустрия 4.0.	лекция	традиционная лекция с применением цифровых инструментов

<p><b>Тема 1. Сенсоры (Датчики)</b>  Классификация сенсоров (датчиков): назначение, вид преобразования, условия эксплуатации. Характеристики сенсоров (датчиков): диапазон измерения, чувствительность, точность, линейность, селективность. Погрешности измерений: температурный и временной дрейф параметров, шумы. Стандартизация и сертификация сенсоров (датчиков).</p>	лекция	проблемная лекция с применением цифровых инструментов
<p>Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры.</p>	лекция	проблемная лекция
<p>Упругие, механические, тепловые, электрические, полупроводниковые, диэлектрические, магнитные и оптические свойства различных сред.</p>	лекция	традиционная лекция активное слушание,
<p>Микромеханические сенсоры. Механические конструкции: объемные, мембранные, балочные, струнные. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогироскопы, микрофоны.</p>	лекция	проблемная лекция с применением цифровых инструментов
<p>Термоэлектрические сенсоры. Терморезистивные, термоэлектрические, термомеханические, пироэлектрические преобразователи. Датчики: температуры, потока, уровня жидкости, вакуума; термопары, анемометры, болометры, термисторы, кондуктометры.</p>	лекция	проблемная лекция с применением цифровых инструментов
<p>Оптические сенсоры: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотосчетчики. Датчики: светового потока (энергетические, спектральные), оптического поглощения, смещения, положения.</p>	лекция	проблемная лекция, с применением цифровых инструментов
<p>Магнитоэлектрические сенсоры: индуктивные преобразователи, магниторезисторы, магнитотранзисторы; датчики магнитного поля.</p>	лекция	проблемная лекция
<p>Химические сенсоры: электрохимические, термокаталитические, адсорбционные преобразователи; датчики состава жидкостей и газов; датчики влажности</p>	лекция	проблемная лекция

Биологические сенсоры.	лекция	проблемная лекция с применением цифровых инструментов
<b>Тема 2. Актуаторы</b> Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актуаторы	лекция	традиционная лекция
Устройства микросмещения, микропозиционирования, микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы	лекция	традиционная лекция
Термоактуаторы: микронагреватели, микрохолодильники.	лекция	традиционная лекция

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

*Форма проведения промежуточного контроля:* студенты, освоившие программу курса «Датчики и актуаторы» могут получить зачет по итогам семестровой аттестации согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

Типовые задания для оценки уровня формирования компетенций.

#### **ПК-2. Способен проводить разработку и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования:**

ПК-2.2. Оперирует технологическим и измерительным оборудованием, организует контроль за работой оборудования;

ПК-2.4. Определяет целесообразность внедрений новой техники и технологий.

*Для всех индикаторов одни критерии оценивания.*

**Задание:** дайте развернутый ответ на вопрос с примерами и обоснованием. Примеры вопросов:

- Опишите назначение, общую классификацию и систему обозначений сенсоров.

- Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры.

- Погрешности измерений: температурный и временной дрейф параметров, шумы. Стандартизация и сертификация сенсоров (датчиков).

**Способ аттестации:** устный или письменный

**Критерии оценки:**

ответ целостный, верный, теоретически обоснованный. Ключевые понятия и термины полностью раскрыты. Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 30 баллов;

теоретическая аргументация неполная или смысл ключевых понятий не объяснен – 20 баллов;

допущены ошибки, приведшие к искажению смысла, термины используются неправильно – 10 баллов;

допущены ошибки, свидетельствующие о непонимании темы, ошибки в терминологии – 0 баллов;

### **ПК-3. Способен обеспечить функционирование радиоэлектронных комплексов:**

ПК-3.3. Организует и проводит ремонт радиоэлектронных комплексов и их составных частей.

Задание: получив экспериментальные данные в форме таблиц, графиков и изображений микро- и(или) наноструктуры сделайте вывод о типе магнитного материала.

Задание: получив объект исследования и цель, спланировать эксперимент (серию экспериментов) с учетом имеющейся экспериментальной базы для получения информации о материале.

**Способ аттестации:** устный или письменный.

**Критерии оценки:**



ответ целостный, верный, теоретически обоснованный. Ключевые понятия и термины полностью раскрыты. Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 30 баллов;

теоретическая аргументация неполная или смысл ключевых понятий не объяснен – 20 баллов;

допущены ошибки, приведшие к искажению смысла, термины используются неправильно – 10 баллов;

допущены ошибки, свидетельствующие о непонимании темы, ошибки в терминологии – 0 баллов;

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) Основная литература

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-0922-8. <https://e.lanbook.com/book/167840>
2. Федотов, А.К. Физическое материаловедение: учебное пособие : в 3-х ч. / А.К. Федотов. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - Ч. 1. Физика твердого тела. - 400 с. : ил. - ISBN 978-985-06-1918-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119759>
3. Легостаев, Н.С. Твердотельная электроника: учебное пособие / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов. - Томск: Эль Контент, 2011. - 244 с. - ISBN 978-5-4332-0021-0; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208951>
4. **Легостаев Н. С.** Материалы электронной техники : учебное пособие - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. - 239 с. <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480508>

#### б) Дополнительная литература

1. Головнин В.А., Каплунов И.А., Малышкина О.В., Педько Б.Б., Мовчи́кова А.А. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов. М.: Техносфера, 2013, 271 с.  
<http://mega.lib.tversu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/3731826>
2. В.А.Головнин, И.А. Каплунов, Б.Б. Педько , О.В.Малышкина , А.А.Мовчи́кова. Материаловедение электронной техники. Технологии наноматериалов. Учебное пособие. Тверь, ТвГУ, 2011, 100 с.  
[http://texts.lib.tversu.ru/texts/materialovedenie\\_elektronnoy\\_tehniki\\_tehnologii\\_na\\_nomaterialov/Start.html](http://texts.lib.tversu.ru/texts/materialovedenie_elektronnoy_tehniki_tehnologii_na_nomaterialov/Start.html)
3. Моделирование и визуализация экспериментальных данных: учебное пособие (лабораторный практикум) / авт. - сост. Е.В. Крахоткина. — Ставрополь : СевероКавказский федеральный ун-т, 2018. — 125 с. — Текст : электронный // Электроннобиблиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92565.html>
4. Как использовать онлайн-доску Miro в обучении // [Электронный ресурс].  
<https://we.study/blog/miro>

## 2) Программное обеспечение

### а) свободно распространяющееся ПО

- Google Chrome – бесплатно
- Microsoft Express Studio 4 – бесплатно
- MiKTeX 2.9 – бесплатно
- MPICH 64-bit – бесплатно
- MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK – бесплатно
- Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно
- Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно
- Lazarus 1.4.0 - бесплатно
- Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно

### б) лицензионное ПО

Kaspersky Endpoint Security для Windows - Акт на передачу прав №1842

30.11.2020 г.

Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.

MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.

- Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009

- Origin 8.1 (OriginLab® Network License Certificate. Issued Date: December 3, 2009. Issued by: Carol Hodge, Customer Service Coordinator)

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com) ;

2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/> ;

3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

Онлайн – справочник по химическим и физическим свойствам материалов  
<https://materials.springer.com/bookshelf>

База данных IRIC (Information Resources on Inorganic Chemistry)  
<http://iric.imet-db.ru/>

Базы данных института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
<http://window.edu.ru/resource/909/52909>

База данных по материаловедению «Материалы XXI века» НИТУ МИСИС  
<http://ism-data.misis.ru/>

Онлайн-доска Miro: <https://miro.com/>

**VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

**Перечень вопросов для самостоятельной работы**

1. Каковы основные факторы развития микросистемной техники?

2. Классифицируйте микросистемную технику с учетом сложности и массогабаритных характеристик.
3. Опишите назначение, общую классификацию и систему обозначений сенсоров.
4. Опишите основные характеристики сенсоров.
5. Опишите основные конструктивные варианты элементов микромеханических сенсоров. Дайте характеристику их свойств.
6. Какие физические механизмы определяют проявление пьезоэффекта?
7. Опишите область применения, конструктивные особенности тензорезисторов.
8. Опишите принцип действия датчика давлений. Для чего применяется мостовая измерительная схема?
9. Опишите принцип работы оптических и микромеханических гироскопов.
10. Опишите принцип работы и основные параметры термоэлектрических сенсоров.
11. Приведите сравнительную характеристику терморезисторов и термопар как сенсоров температуры.
12. Чем обусловлено широкое использование фоторезисторов в приборах и устройствах оптоэлектроники?
13. Опишите режимы работы фотодиода.
14. Приведите сравнительную характеристику различных фотоприемников.
15. Опишите принцип работы и области применения индуктивных преобразователей в датчиках магнитного поля.
16. Опишите принцип работы и области применения преобразователей Холла.
17. Опишите принцип работы и области применения магнитодиодных преобразователей.
18. Приведите сравнительную характеристику различных сенсоров магнитного поля.

19. Опишите назначение и принцип работы электрохимических преобразователей.
20. Опишите назначение и принцип работы термokatалитических преобразователей.
21. Опишите назначение и принцип работы адсорбционных преобразователей в химических датчиках.
22. Опишите принцип действия и области применения датчиков влажности.
23. Каково назначение и принцип работы биологических сенсоров?
24. Опишите назначение, и дайте общую классификацию актюаторов.
25. Опишите основные конструктивные варианты пьезоэлектрических актюаторов. Дайте характеристику их свойств. Приведите пример цифровых инструментов управления датчиков данного типа.
26. Опишите основные конструктивные варианты емкостных актюаторов. Дайте характеристику их свойств. Приведите пример цифровых инструментов управления датчиков данного типа.
27. Опишите основные конструктивные варианты термомеханических актюаторов. Дайте характеристику их свойств. Приведите пример цифровых инструментов управления датчиков данного типа.
28. Опишите основные конструктивные варианты электромагнитных актюаторов. Дайте характеристику их свойств. Приведите пример цифровых инструментов управления датчиков данного типа.
- 29.. Опишите основные конструктивные варианты термопневматических актюаторов. Дайте характеристику их свойств. Приведите пример цифровых инструментов управления датчиков данного типа.
30. Какие физические механизмы определяют проявление эффекта «памяти формы»?
31. Какие механизмы активации используются для создания устройств микросмещения и микропозиционирования?
32. Опишите область применения, конструктивные особенности микрорычагов.

33. Опишите область применения, конструктивные особенности микроустройств фиксации.
34. Опишите конструкцию и принцип работы микронагревателей.
35. Опишите конструкцию и принцип работы микрохолодильника.
36. Каким образом в светодиоде происходит непосредственное преобразование электрической энергии в энергию световую?
37. Какими параметрами можно характеризовать свойства светодиодов?
38. Каков принцип действия полупроводникового лазера?
39. Каковы отличия в принципе действия и в свойствах полупроводникового лазера и светодиода?
40. Опишите конструкции и принцип действия микрореле и коммутаторов.
41. Где применяются микрозеркала с управляющим приводом?
42. Какими элементами может осуществляться изменение положения микрозеркала?
43. Какие способы управления могут использоваться в оптических затворах?
44. Опишите принцип действия электростатических микродвигателей.
45. Назовите преимущества и недостатки электростатических микродвигателей.
46. Опишите конструктивные особенности, область применения электростатических планарных диэлектрических микродвигателей.
47. В чем заключаются отличия электростатических сегнетоэлектрических планарных двигателей от электростатических планарных диэлектрических двигателей?
48. В чем заключаются преимущества электростатических сегнетоэлектрических планарных двигателей перед пьезоэлектрическими планарными микродвигателями.
49. Опишите конструктивные особенности, область применения пьезоэлектрических планарных микродвигателей.
50. Назовите преимущества и недостатки пьезоэлектрических микродвигателей.

## **Вопросы экзамена**

1. История возникновения и развития элементной базы микросенсорной (датчиковой) техники.
2. Классификация компонентов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия.
3. Классификация сенсоров (датчиков): назначение, вид преобразования, условия эксплуатации. Характеристики сенсоров (датчиков): диапазон измерения, чувствительность, точность, линейность, селективность. Погрешности измерений: температурный и временной дрейф параметров, шумы. Стандартизация и сертификация сенсоров (датчиков).
4. Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры. Упругие, механические свойства различных сред.
5. Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры. Тепловые, электрические свойства различных сред.
6. Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры. Полупроводниковые свойства различных сред.
7. Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры. Диэлектрические свойства различных сред.
8. Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры. Магнитные свойства различных сред.
9. Основные физические эффекты и свойства, лежащие в основе построения датчиковой аппаратуры. Оптические свойства различных сред.
10. Микромеханические сенсоры. Механические конструкции: объемные, мембранные, балочные, струнные.
11. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные. Цифровые инструменты управления преобразователями.

12. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогироскопы, микрофоны.
13. Термоэлектрические сенсоры. Терморезистивные, термоэлектрические, термомеханические, пироэлектрические преобразователи.
14. Датчики: температуры, потока, уровня жидкости, вакуума; термопары, анемометры, болометры, термисторы, кондуктометры.
15. Оптические сенсоры: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотосчетчики.
16. Датчики: светового потока (энергетические, спектральные), оптического поглощения, смещения, положения.
17. Магнитоэлектрические сенсоры: индуктивные преобразователи, магниторезисторы, магнитотранзисторы; датчики магнитного поля.
18. Химические сенсоры: электрохимические, термокаталитические, адсорбционные преобразователи; датчики состава жидкостей и газов; датчики влажности.
19. Биологические сенсоры.
20. Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актуаторы.
21. Устройства микросмещения, микропозиционирования, микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы.
22. Термоактюаторы: микронагреватели, микрохолодильники.
23. Микроизлучатели: микролабеллы, светодиоды, полупроводниковые лазеры.

#### Рекомендации по подготовке к занятиям

На занятиях обсуждаются темы, требующие предварительной подготовки. Студентам заранее предлагается самостоятельно ознакомиться с вводным материалом, что требует навыка работы с научной и технической литературой, информационными системами и базами данных.



В качестве сред группового взаимодействия используется среда Microsoft Teams, LMS, онлайн-доска Miro.

Самостоятельная работа проводится в виде изучения источников, приведенных в списке дополнительной литературы.

Творческие ответы на вопросы, рекомендуемые к самостоятельной работе, выносятся на занятия в виде короткой дискуссии.

Подготовка к рефератам проводится по учебно-методическим пособиям, поименованным в списке, рекомендованном для выполнения рефератов; сдача реферата проводится в виде выступления с докладом и презентацией.

### **Примерные темы рефератов:**

Тематика работ в основном связана с изучением конструкций датчиков и актуаторов, принципа работы, их классификаций и характеристик, технологий изготовления, особенностей применения.

1. Микрофоны
2. Датчики смещения (датчики положения)
3. Микрогироскопы.
4. Датчики на основе углеродных нанотрубок.
5. Емкостные актуаторы.
6. Термомеханических актуаторы.
7. Микро- и наноманипуляторы. Конструкции, технологии, применение.
8. Микронагреватели и микрохолодильники.
9. Миниатюрные устройства с тепловыми и оптическими связями.
10. Тензорезистивные сенсоры.
11. Датчики на основе микромеханических преобразователей.
12. Термоэлектрические сенсоры.
13. Оптические сенсоры.
14. Магнитоэлектрические сенсоры.

15. Химические сенсоры.
16. Биологические сенсоры.
17. Миниатюрные пьезоэлектрические приводы движения.
18. Микроприводы движения на эффекте «памяти формы».
19. Микро- и наноманипуляторы. Конструкции, технологии, применение.
20. Микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы.
21. Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты.
22. Микромеханические схемы в радиочастотных устройствах.
23. Электростатические и электромагнитные микродвигатели.
24. Пьезоэлектрические миниатюрные двигатели.
25. Пневматические микроприводы движения, микротурбины, микро-сопла.
26. Миниатюрные аналитические приборы.
27. Миниатюрные медико-биологические приборы.
28. Микро- и нано- инструмент. Конструкции, технологии, применение.
29. Микрохимические лаборатории, минифабрики

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

<b>Наименование специальных помещений</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
Кафедра общей физики. Лаборатория методики преподавания физики. Кабинет качества преподавания физики. №219 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Внешний жесткий диск Transcend 1 Gb 2 Компьютер Kraftway Credo KC36Vista Business/E7400/2*10024Mb DDR800/T160G/DVDRW/500W/CARE3/Монитор 20'' LG W2043S-PFpf 3 Сумка Continent 6 Принтер лазерный HP LJ 1100 C4224A 4 МФУ XEROX PH 3100	Microsoft Windows 10 Enterprise MS Office 365 pro plus Kaspersky Endpoint Security для Windows Архиватор 7-Zip - бесплатно Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно Unreal Commander - бесплатно

	<p>5 Сканер UMAX Astra 3450 600*1200dpi, 42bit встроенный слайд-проектор</p> <p>6 Ноутбук Dell Inspiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB</p> <p>7 Принтер лазерный CANON LBP-2900 A4.600*600</p> <p>8 Ксерокс 1215</p> <p>9 Мультимедийный проектор EPSON EB-X05</p> <p>10 АРМС для исследования и демонстрации опытов по дифракции с ПЭВМ (монитор Samsung TFT 22)</p> <p>11 Интерактивная доска Smart Board 660</p> <p>12 Компьютер iRU Corp 510 – 6 шт.</p> <p>13 Комплект компьютерных датчиков</p> <p>14 Универсальный измерительный прибор ADM2</p> <p>15 Демонстрационный набор по электричеству и магнетизму. Часть 1</p> <p>16 Демонстрационный набор по электричеству и магнетизму. Часть 2</p> <p>17 Демонстрационный набор по оптике</p> <p>18 Демонстрационный набор по механике</p> <p>19 Доска для проведения демонстрационных работ – 2 шт.</p> <p>20 Интерактивный комплект Oculus Development Kit 2</p> <p>21 Источник питания постоянного тока и напряжения большой мощности</p> <p>22 Комплект Monster Kit v 1.0</p> <p>23 ИБП</p>	<p>Почта Outlook - бесплатно</p>
--	--	----------------------------------

**Помещения для самостоятельной работы:**

<b>Наименование помещений</b>	<b>Оснащенность помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
Помещение для самостоятельной	1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-	Microsoft Office профессиональный плюс

<p>работы, аудиторная для проведения лекционного занятия семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт  2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2)  Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь  3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-portr DGS-1016D  4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО  5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО  6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3»  7. Комплект учебной мебели</p>	<p>2013  Microsoft Windows 10 Enterprise –  Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows -  Mathcad 15 M010 -  Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011;  MATLAB R2012b -  Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012;  Cadence SPB/OrCAD 16.6 -  Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009  Adobe Acrobat Reader DC – Russian – бесплатно  Adobe Media Player – бесплатно  Google Chrome – бесплатно  Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) – бесплатно  Lazarus 1.4.0 - бесплатно  LEGO MINDSTORMS EV3 – бесплатно  Microsoft Expression Studio 4 - бесплатно  MiKTeX 2.9 - бесплатно  MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно  R Studio - бесплатно</p>
---	---	--

### VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			