МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е.Троян
«6» 04 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 4 **Семестр** 8

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции								26(4)	26	часов
2.	Лабораторные работы								8	-	часов
3.	Практические занятия								20(4)	20	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)									-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)								54	54	часов
6.	Из них в интерактивной форме								8	8	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)								54	54	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)								108	108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена								36	36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)								144	144	часов
	(в зачетных единицах)								4	4	ЗЕТ

Экзамен 8 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 7344

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 71 от «30» 6 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (квалификация (бакалавр), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.03.2015г. № 177.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.

Разработчик:
Доцент кафедры ФЭ _____ / В.А.Мухачев

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А.Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 7344

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области методов формирования и физических принципов функционирования компонентов микро- и наносистемной техники.

Задачи дисциплины – изучение физических основ функционирования устройств микро- и наносистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Физические основы микро- и наносистемной техники» относится к базовым дисциплинам профессионального цикла (Б1.В.ОД.14).

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по математике, физике, химии, материаловедению наноструктурированных материалов, физике конденсированного состояния, элементной базе микро- и наносистем, физике пленочных наноструктур.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при выполнении и написании выпускной квалификационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Способность представлять адекватному современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);

Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать - физические принципы работы основных структур и компонентов нано- и микросистемной техники (НиМСТ);

- базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов (НиМСТ);

Уметь - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов НиМСТ;

- использовать современную и вычислительную технику в соей профессиональной деятельности;

Владеть:

- навыками расчета основных параметров материалов и компонентов НиМСТ;
- владеть основами обработки результатов экспериментальных данных.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___4___ зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	**54**	**54**
В том числе:		
Лекции	26	26
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Практические занятия (ПЗ)	20	20
Самостоятельная работа (всего)	**54**	**54**
В том числе:		
Проработка лекций, подготовка к практическим и лабораторным занятиям	54	54
Всего без экзамена	108	108
Самостоятельная работа на подготовку и сдачу экзамена	36	36

Согласована на портале № 7344

Общая трудоемкость час	144	144
Зачетные единицы трудоемкости	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия.	Самост. работа студента	Лабораторные работы	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Чувствительные элементы микросистемной техники (МСТ)	6	4	18	4	32	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
2.	Сенсорные компоненты МСТ	6	4	10		20	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
3.	Акселерометры МСТ	6	6	18	4	34	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
4.	Актюаторы	8	6	8		22	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
	Итого:	26	20	54	8	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1	Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ)	Основные понятия МСТ. Пьезорезистивные и пьезоэлектрические чувствительные элекменты (ЧЭ). Резонансные ЧЭ, ЧЭ на поверхностных акустических волнах (ПАВ).	6	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
2	Сенсорные компоненты МСТ	Сенсоры температуры, магнитного поля, угловых скоростей. Гироскопы: волоконно-оптический гироскоп, микромеханический сенсор угловых скоростей.	6	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
3	Акселерометры для МСТ	Микромеханические акселерометры L-типа, микромеханические акселерометры R-типа. Акселерометры с нагревательной пластиной, акселерометры с нагревательным газом.	6	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
4	Актюаторы	Актюаторные элементы МСТ. Микромеханические ключи. Интегральные микрозеркала. Интегральные микродвигатели. Электростатические планарные микродвигатели.	8	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
Предшествующие дисциплины								
1	Математика	+	+	+	+			
2	Физика	+	+	+	+			
3	Химия	+		+				
4	Планирование эксперимента	+	+	+	+			
5	Физика конденсированного состояния	+	+	+	+			
6	Элементная база микро- и наносистем	+	+	+	+			
7	Физика пленочных наноструктур	+	+		+			
Последующие дисциплины								
1	Выпускная квалификационная работа	+	+	+	+			

Согласована на портале № 7344

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Формы контроля			
	Л	Пр.	СРС	
ОПК-1	+	+	+	Доклады, сообщения о последних достижениях в области МСТ по данным научных журналов
ОПК-7	+	+	+	Опрос, обсуждение принципов работы элементов МСТ
ПК-2	+	+	+	Защита лабораторных работ

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные работы (час)	Всего
Тесты	2		2	4
Обсуждение новых сообщений об изделиях МСТ		4		4
Итого интерактивных занятий	2	4	2	8

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость	Компетенции
1	1,3	Исследование конструкции и характеристик струнного акселерометра	4	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
2	2,3	Исследование динамических характеристик кантилевера	4	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Параметры и характеристики МСТ. Термины и буквенные обозначения параметров МСТ. Прямой и обратный пьезоэффекты. ЧЭ на пьезоэффекте. Емкостные ЧЭ, ЧЭ на ПАВ	4	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
2.	2	Физические основы датчиков температуры: эффекты Пельтье и Зеебека. Датчики магнитного поля: прямые – непосредственное измерение магнитной индукции (например, использование эффекта Холла), косвенные – обнаружение электрического поля по его магнитному полю, регистрация механического перемещения при воздействии магнитного поля. Датчики угловых скоростей – гироскопы: волоконно-оптические и микромеханические. Конструкции микромеханических гироскопов.	4	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
3.	3	Микромеханические сенсоры линейных скоростей - микромеханические акселерометры (ММА): ММА L-типа и R-типа: конструкции и принципы действия. Акселерометры с нагреваемой пластиной и с нагреваемым газом.	4	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2
4.	4	Актюаторы. Микромеханические ключи: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные – принцип действия и конструкции. Интегральные микрозеркала: одноосные и двуосные – принцип действия и конструкции. Микродвигатели: электростатические и пьезоэлектрические. Обсуждение докладов по материалам журнала НиМСТ.	8	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2

Согласована на портале № 7344

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	**34**	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2	Опрос на практике, тесты, защита лабораторных работ
2	Изучение рекомендованных преподавателем статей в научных журналах	**20**	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2	Доклады, сообщения, обсуждение
3	Самостоятельная работа на подготовку и сдачу экзамена	**36**	ОПК-1, ОПК-7, ПК-2	Оценка на экзамене

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	3	3	**9**
Активность и качество ответов на практических занятиях и лабораторных работах	20	20	21	**61**
Итого максимум за период:	**23**	**23**	**24**	**70**
Сдача экзамена				**30**
Нарастающим итогом	**23**	**46**	**70**	**100**

Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса (1 вопрос – 10 баллов)

Пример экзаменационного билета:

1. Пьезорезистивные сенсоры в качестве датчиков давления.
2. Влияние массы чувствительного элемента (ЧЭ) на частотные характеристики датчика.
3. Акселерометры с нагреваемым газом.

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	**5**
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	**4**
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	**3**
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	**2**

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	**90 – 100**	A (отлично)
4 (хорошо)	**85 – 89**	B (очень хорошо)

Согласована на портале № 7344

(зачтено)	**75 - 84**	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	**65 – 69**	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	**Ниже 60 баллов**	F (неудовлетворительно)

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносиситемной техники. – Учебное пособие.- Томск: ТУСУР, 2016.- 192 с.- [электронный ресурс] – http://miel.tusur.ru/

12.1.2. Игнатов А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника.- Учебное пособие. – СПб:изд.»Лань», 2011.-528 с. (4 экз.)

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Косцов Э.Г. Состояние и перспективы микро- и наносистемной техники.//Автометрия.-2009.-Т.45,№3, - с. 3-52

12.2.2. Яшин К.Д., Лацапнев Е.В. Англо-русский терминологический словарь по микро- и наносистемной технике//Нано и микроситемная техника, 2006, №1-12, 2007, №1-11

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Мухачёв В.А. Физические основы микро- и наноситемной техники:учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск:ТУСУР, 2014.-18 с. - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

12.3.2. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносистемной техники. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск: ТУСУР, 2015.-23 с.(25 экз.) - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

12.4.1. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет портал: http://www/portalnano.ru/.

12.4.2. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника».- http://www.microsystems.ru/about.shtml

12.4.3. Ежемесячный журнал «Российские нанотехнологии».- http://www.nanorf.ru/.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В связи с большим количеством графического материала и рисунков по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением проектора и компьютера. Конспектирование студентами лекционного материала обязательно.

Согласована на портале № 7344

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ **П. Е. Троян**

«6» 07 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Физические основы микро- и наносистемной техники
(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление(я) подготовки (специальность)28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет электронной техники (ФЭТ)
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра физической электроники (ФЭ)
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 4 **Семестр** 8

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Зачет _____ **семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

Экзамен 8 **семестр**

Разработчик: доцент каф. ФЭ Мухачев В.А.

Томск 2016

Согласована на портале № 7344

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Физические основы микро- и наносистемной техники»» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине «Физические основы микро- и наносистемной техники» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Физические основы микро- и наносистемной техники» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	Знать основные законы физики: динамики, электродинамики, оптики, физики твердого тела, атомной физики и квантовой механики, математического анализа; **Уметь** пользоваться законами физики для понимания принципа работы элементов микросистемной техники (МСТ), вычислять критические характеристики (предел прочности, резонансную частоту и др.) элементов МСТ; **Владеть** навыками работы с элементами МСТ и анализа их характеристик.
ОПК-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	**Знать** методы измерения механических, электрических, оптических характеристик элементов МСТ; **Уметь** вычислять критические характеристики элементов МСТ с использованием современной вычислительной техники; **Владеть** навыками работы с необходимыми измерительными приборами

Согласована на портале № 7344

ПК-2	Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	**Знать** методики проведения экспериментальных исследований; **Уметь** выбирать необходимые приборы и оптимальную методику измерений; **Владеть** методами обработки и анализа экспериментальных данных, возможностью рекомендовать границы применимости исследуемых элементов МСТ.

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ОПК-1 и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** основные законы физики: динамики, электродинамики, оптики, физики твердого тела, атомной физики и квантовой механики, математического анализа;	**Уметь** выбрать нужные законы и применить для объяснения изучаемого явления; сделать необходимые вычисления	**Владеть** навыками работы с измерительной аппаратурой, методикой измерений и методами обработки экспериментальных результатов
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа	Практические занятия; Лабораторные работы	Практические занятия; Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	Тесты, обсуждение изучаемого материала и новых данных,	Доклады и опрос на практических занятиях, защита лабораторных	Защита лабораторных работ, тесты,

Согласована на портале № 7344

	защита лабораторных работ	работ.	решение задач на практике.

2 Компетенция ОПК-7

ОПК-7: Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции ОПК-7 и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** современный уровень развития электроники, измерительной и вычислительной техники	**Уметь** выбрать необходимые приборы и методики измерений и нужную вычислительную технику	**Владеть** навыками работы с измерительными приборами и вычислительной техники
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы	Практические занятия; Лабораторные работы	Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Тесты, обсуждение докладов, защита лабораторных работ	Доклады и сообщения о новых разработках, решение задач, защита лабораторных работ	Выполнение и защита лабораторных работ

3 Компетенция ПК-2

Согласована на портале № 7344

ПК- 2 - Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 4.

Таблица 4– Этапы формирования компетенции ПК-2 и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** физические основы и принципы работы основных компонентов микросистемной техники (МСТ); знать, какие материалы используются при изготовлении этих компонентов	**Уметь** анализировать характеристики прибора, возможности экспериментального исследования с использованием новых материалов	**Владеть** методикой и приборами для проведения экспериментальных исследований
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы	Лекции; Практические занятия;	Практические занятия; Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Тесты, обсуждение докладов, защита лабораторных работ	Доклады на практических занятиях, анализ сведений о новых принципах компонентов МСТ и используемых материалов	Выполнение и защита лабораторных работ

Согласована на портале № 7344

1. Компетенция ОПК-1 - способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 5

Таблица 5 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-1 приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** основные приборы и элементы МСТ, причины их работы, основные технологии изготовления элементов МСТ	**Уметь** соотносить элементы микроэлектроники с возможностями элементов МСТ	**Владеть** методическим аппаратом, достаточным для расчетов основных характеристик элементов МСТ

Согласована на портале № 7344

Хорошо (базовый уровень)	**Знает** основные приборы и элементы МСТ, принципы их работы	**Умеет** оценивать основные характеристики элементов МСТ	Владеет математическим аппаратом, достаточным для оценивания предельных характеристик приборов МСТ
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** принципы работы некоторых элементов МСТ	**Умеет** качественно оценивать возможности (предельные характеристики) элементов МСТ	Владеет некоторыми приемами оценки возможностей элементов МСТ под наблюдением специалиста

2. Компетенция ОПК-7 - способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в **таблице 7**.

Таблица 7 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 7344

		простых задач	

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-7 приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники;	**Умеет** использовать современные приборы электроники и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности	**Владеет** навыками работы с современной измерительной и вычислительной техникой
Хорошо (базовый уровень)	**Знает** основные приборы и вычислительную технику, используемую при работе с элементами МСТ	**Умеет** работать с приборами электроники и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности	**Владеет** навыками работы с некоторыми основными приборами и вычислительной техникой
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** некоторые приборы и вычислительную технику, используемую в конкретной деятельности	Умеет решать простые задачи по выбору необходимых приборов электроники и вычислительной техники	Владеет методикой работы на простых приборах под наблюдением специалиста

Согласована на портале № 7344

3. Компетенция ПК-2 - Готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-2 приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** методики экспериментальных исследований компонентов и материалов НиМСТ	**Уметь** проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов НиМСТ	**Владеть** навыками работы по исследованию материалов и компонентов НиМСТ
Хорошо (базовый	**Знает** методики	**Умеет** проводить и	**Владеет**

Согласована на портале № 7344

уровень)	экспериментальных исследований некоторых (основных) приборов НиМСТ	анализировать результаты экспериментальных исследований приборов НиМСТ .	некоторыми навыками экспериментальных исследований приборов НиМСТ
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** базовые методики экспериментальных исследований компонентов НиМСТ	**Умеет** проводить элементарные исследования компонентов НиМСТ	Может проводить исследования приборов НиМСТ под наблюдением специалиста

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: тесты, доклады и сообщения, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3.1. Доклады и сообщения по материалам журнала «Нано- и микросистемная техника»:

1) Галушков А.И., Погалов А.И., Сауров А.Н. Моделирование виброрезонансных наноэлементов для сверхчувствительных устройств контроля массы НиМСТ, №2, 2008.-с.8-12

2) Драгунов В.П., Остертак Д.И. Электростатические взаимодействия с МЭМС с плоскопараллельными электродами. Часть 1.Расчет емкостей. Нано- и микросистемная техника, № 7, 2010.-с.37-41

3) Драгунов В.П., Остертак Д.И.Электростатические взаимодействия в МЭМС с плоскопараллельными электродами. Часть 2. Расчет электростатических сил НиМСТ, № 8, 2010.-с. 40-47

3.2. Тесты по следующим разделам:

1) Чувствительные элементы для микросистемной техники (МСТ): Пьезорезистивные и пьезоэлектрические чувствительные элементы (ЧЭ), резонансные ЧЭ;

2) Сенсорные компоненты МСТ: сенсоры температуры, магнитного поля, ускорений, микромеханические гироскопы;

Согласована на портале № 7344

3) Акселерометры для МСТ: микромеханические акселерометры L- и R-типа, акселерометры с нагреваемой пластиной или нагреваемым газом;

4) Актюаторы: Микромеханические ключи, интегральные микрозеркала и микродвигатели.

3.3. Темы практических занятий:

1) Чувствительные элементы (ЧЭ) на пьезоэффекте, емкостные ЧЭ;

2) Расчет моментов инерции консолей различного профиля;

3) Конструкции и принципы работы датчиков температуры, магнитного поля, перемещений;

4) Микродвигатели: электростатические (планарные) и пьезоэлектрические;

5) Актюаторы: термические, пьезоэлектрические, электростатические, магнитные;

6) Гироскопы: вибрационные гироскопы L- и R-типа: принцип действия;

7,8,9,10) Обсуждение докладов, сделанных студентами по материалам журнала НиМСТ.

3.4. Лабораторные работы:

1) Исследование конструкции и характеристик струнного акселерометра;

2) Исследование динамических характеристик кантилевера.

3.5. Экзамен:

Примеры билетов на экзамене по ФОМСТ:

1) а) Пьезорезистивные чувствительные элементы;

б) Электростатические датчики ускорений

в) Устройство и принцип работы газового хроматографа.

2) а) Принцип работы вибрационного гироскопа;

б) Интегральные микрозеркала: устройство и принцип работы;

в) Электростатические планарные микродвигатели.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

4.1 Основная литература

4.1.1. Мухачев В.А. Физические основы микро- и наносиситемной техники. – Учебное пособие.- Томск: ТУСУР, 2016.- 192 с.- [электронный ресурс] – http://miel.tusur.ru/

Согласована на портале № 7344

4.1.2. Игнатов А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника.- Учебное пособие. – СПб:изд.«Лань», 2011.-528 с.(4 экз.)

4.2 Дополнительная литература

4.2.1. Косцов Э.Г. Состояние и перспективы микро- и наносистемной техники.//Автометрия.-2009.-Т.45,№3, - с. 3-52

4.2.2. Яшин К.Д., Лацапнев Е.В. Англо-русский терминологический словарь по микро- и наносистемной технике//Нано и микроситемная техника, 2006, №1-12, 2007, №1-11

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

4.3.1. Мухачёв В.А. Физические основы микро- и наноситемной техники:учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск:ТУСУР, 2014.- 18 с. - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

4.3.2. Мухачев В.А.Физические основы микро- и наносистемной техники. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».- Томск: ТУСУР, 2015.- 23 с.(25 экз.), - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

4.4.1. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет портал: http://www/portalnano.ru/.

4.4.2. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника».- http://www.microsystems.ru/about.shtml

4.4.3. Ежемесячный журнал «Российские нанотехнологии».- http://www.nanorf.ru/.

Согласована на портале № 7344