

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Политехнический институт

Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники



УТВЕРЖДАЮ

Директор Политехнического института

Д.В. Артамонов

(подпись)

« 3 » октября 2014 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### А1.В.ОД.3 Нанотехнологии в приборостроении

Направление подготовки: 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

**Направленность (профиль):** Приборы и методы измерения (электрические величины)

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная, заочная

Пенза, 2014

## **1. Цели и задачи изучения дисциплины**

**Цель изучения дисциплины** – формирование представления о предмете, объектах, теоретических и практических методах современных нанотехнологий в приборостроении, а также развитие способностей применять полученные знания для решения актуальных задач создания, моделирования и экспериментального исследования наноматериалов, наноструктур на их основе при разработке функциональных устройств с заданными характеристиками.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить современные научные достижения в областях создания, исследования свойств наноматериалов и нанотехнологий, используемых в приборостроении;
- изучить основные принципы проектирования технологических процессов и методы комплексных исследований свойств наноматериалов;
- изучить основные свойства наноматериалов и перспективных нанотехнологий, используемых в приборостроении;
- научить выбирать и обосновывать использование наноматериалов и нанотехнологий при разработке функциональных устройств с заданными характеристиками;
- изучить основные методы разработки физико-математических моделей процессов формирования наноматериалов и явлений в структурах на их основе;
- познакомиться со сбором, анализом и систематизацией отечественной и зарубежной научно-технической информации по тематике исследования в области нанотехнологий в приборостроении;
- познакомиться с методами прогнозирования экспериментов, обработкой и систематизацией результатов исследований, представление их в виде презентаций, научных отчетов и публикаций;
- изучить различные сферы применения нанотехнологий, наноматериалов и структур на их основе при создании функциональных устройств различного назначения;
- ознакомиться с принципами работы современного аналитического оборудования, используемого для решения различных научно-технических задач в области нанотехнологий в приборостроении;
- освоить компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО, подготовка к сдаче итогового экзамена.

**Знать:** основные свойства наноматериалов и перспективные нанотехнологии, используемые в приборостроении.

**Уметь:** выбрать и обосновать использование наноматериалов и нанотехнологий при разработке функциональных устройств с заданными характеристиками.

**Владеть:** сведениями о современных наноматериалах, методах их получения и исследования.

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

Дисциплина «Нанотехнологии в приборостроении» находится в вариативной части учебного плана ООП по направлению подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании диссертации по специальностям 05.11.01 – Приборы и методы измерения (электрические величины); 05.11.14 – Технология приборостроения; 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

### Связь с предшествующими и последующими дисциплинами

Дисциплина предполагает наличие у аспирантов знаний по курсам А1.В.ОД.4 «Фотоника в приборостроении», А1.В.ОД.2 «Методы и средства информатики в современных научных исследованиях».

Основные положения должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: А1.В.ОД.5 «Метрологическое обеспечение приборостроения».

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины А1.В.ОД.3 Нанотехнологии в приборостроении

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данной специальности:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ОПК-3	Владение методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере	<i>Знать:</i> физическую сущность процессов при получении наноматериалов и явлений, протекающих в структурах на их основе.
		<i>Уметь:</i> математически описать процессы при получении наноматериалов и явления, протекающие в структурах на их основе.
		<i>Владеть:</i> основными представлениями о методах разработки физико-математических моделей процессов формирования наноматериалов и явлений в структурах на их основе.
ОПК-4	Способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	<i>Знать:</i> основные методики планирования экспериментов, методы обработки и анализа экспериментальных данных.
		<i>Уметь:</i> применять методы обработки и анализа экспериментальных данных.
		<i>Владеть:</i> современными информационными технологиями при обработке и анализе экспериментальных данных.
ОПК-6	Способностью подготавливать научно-технические отчеты и публикаций по результатам выполненных исследований	<i>Знать:</i> основные принципы и требования нормативных документов при подготовке научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований.
		<i>Уметь:</i> анализировать результаты выполненных исследований.
		<i>Владеть:</i> навыками оформления научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований.
ПК-4	Способностью использовать методы и средства измерений для решения научных и производственных задач	<i>Знать:</i> основные методы и средства измерений для решения научных и производственных задач в области нанотехнологий
		<i>Уметь:</i> использовать типовые методы и средства измерений для решения научных и производственных задач в области нанотех-

		нологий
		<i>Владеть:</i> представлениями об основах методы и средства измерений для решения научных и производственных задач в области нанотехнологий
ПК-5	Способностью разрабатывать новые средства измерений и алгоритмы обработки результатов измерений	<i>Знать:</i> основные принципы обработки результатов измерений
		<i>Уметь:</i> выбрать основные средства измерений и алгоритмы обработки результатов измерений в области нанотехнологий
		<i>Владеть:</i> основными представлениями об измерениях и об обработки их результатов
ПК-6	Способностью исследовать средства измерений с применением средств математического и схемотехнического моделирования	<i>Знать:</i> основные тенденции развития средств математического моделирования
		<i>Уметь:</i> использовать средства математического моделирования при исследовании средств измерений
		<i>Владеть:</i> основными представлениями о средствах математического моделирования при исследовании средств измерений

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Структура дисциплины

(очная форма обучения)

Общая трудоемкость дисциплины, которая реализуется в 5-м семестре – 4 зачетные единицы, 144 часов.

Количество аудиторных занятий в 5 семестре: лекций – 18 часов, практических занятий – 18 часов. Самостоятельная работа: в семестре – 108 часов. Предусмотрен экзамен.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего кон- троля успеваемости (по неделям семестра)		
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа				Коллоквиум	Рейтинг	
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к практиче- ским занятиям	Подготовка к лабора- торным работам	Изучение разделов лек- ционного курса			Подготовка к экзамену
1.	Раздел 1. Наноматериалы	5	1-4	8	4	4		16	8	-	8			
2.	Раздел 2 Процессы нанотехнологий		5-8	8	4	4		16	8	-	8		8	8
3.	Раздел 3. Методы диагностики		9-14	12	6	6		24	12	-	12			
4.	Раздел 4. Применение наноматериалов и нанотехнологий		15-18	8	4	4		16	8	-	8		15	15
	Подготовка к экзамену											36		
	Общая трудоемкость, в часах			36	18	18		72					Промежуточная аттеста- ция	
												Форма экзамен	Семестр 5	

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Структура дисциплины

(заочная форма обучения)

Общая трудоемкость дисциплины, которая реализуется в 5-м семестре – 4 зачетные единицы, 144 часов.

Количество аудиторных занятий в 5 семестре: лекций – 9 часов. Самостоятельная работа: в семестре – 135 часов. Предусмотрен экзамен.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего кон- троля успеваемости (по неделям семестра)	
			Аудиторная работа		Самостоятельная работа					Коллоквиум	Рейтинг
			Всего	Лекции	Всего	Подготовка к практиче- ским занятиям	Подготовка к лабора- торным работам	Изучение разделов лек- ционного курса	Подготовка к экзамену		
1.	Раздел 1. Наноматериалы	5	2	2	32	-	-	32			
2.	Раздел 2 Процессы нанотехнологий		2	2	32	-	-	32		+	+
3.	Раздел 3. Методы диагностики		2	2	32	-	-	32			
4.	Раздел 4. Применение наноматериалов и нанотехнологий		3	3	39	-	-	39		+	+
	Подготовка к экзамену								36		
	Общая трудоемкость, в часах		9	9	135			135		Промежуточная аттеста- ция	
									Форма	Семестр	
									экзамен	5	

## 4.2. Содержание дисциплины

### Лекции:

#### Раздел 1 Наноматериалы

Основные понятия наноматериалов, наноструктур и нанотехнологий: общие сведения о наноразмерных структурах, термины и определения, особенности структурного состояния. Классификация наноматериалов. Пористые и аморфные наноматериалы. Нанокompозитные материалы.

#### Раздел 2 Процессы нанотехнологий

Золь-гель технология наноматериалов. Метод химического соосаждения. Технология получения органических нанослойных композиций методом Ленгмюра-Блоджетт. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Анодное окисление. Локально-зондовое окисление. Атомно-слоевое осаждение.

#### Раздел 3. Методы диагностики

Анализ структурного и химического состава материалов. Исследование качественного и количественного состава наноматериалов методом Фурье-спектроскопии. Эллипсометрия наноматериалов. Компьютерная оптическая микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия.

#### Раздел 4 Применение наноматериалов и нанотехнологий

Применение пленок в процессах формирования тонкослойной мембраны в кремнии. Пленки – источники диффузии в поликристаллические материалы. Каталитические свойства нанопленок. Газочувствительные слои на основе перколяционных наноструктур. Наносенсоры для различных приложений.

## 5. Образовательные технологии

Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа направлены на формирование у обучающихся следующих компетенций.

Лекционные занятия, главным образом, позволяют приобрести **знания**:

- физическую сущность процессов при получении наноматериалов и явлений, протекающих в структурах на их основе;
- основные методики планирования экспериментов, методы обработки и анализа экспериментальных данных;
- основные принципы и требования нормативных документов при подготовке научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований;
- современные методы и средства нанотехнологий, используемых в приборостроении;
- основные принципы проектирования технологических процессов и методы комплексных исследований свойств наноматериалов.

В результате практических занятий и самостоятельной работы при подготовке к этим занятиям обучающиеся должны **уметь**:

- математически описать процессы при получении наноматериалов и явления, протекающие в структурах на их основе;
- применять методики планирования экспериментов, методы обработки и анализа экспериментальных данных;
- анализировать результаты выполненных исследований;
- предлагать новые идеи при решении научных и производственных задач создания различных функциональных устройств с использованием наноматериалов и нанотехнологий;
- выбрать и обосновать использование наноматериалов и нанотехнологий при разработке функциональных устройств с заданными характеристиками.

**владеть**:

- методами разработки физико-математических моделей процессов формирования наноматериалов и явлений в структурах на их основе;

- современными информационными технологиями при обработке и анализе экспериментальных данных;
- навыками оформления научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований;
- навыками работы с современными источниками информации;
- современными технологическими приемами в области нанотехнологий и аналитическими методами комплексных исследований свойств наноматериалов при проектировании функциональных устройств.

Требуемые результаты освоения дисциплины «**Нанотехнологии в приборостроении**» достигаются за счет использования при проведении аудиторных занятий и организации самостоятельной работы обучающихся интерактивных методов и технологий формирования компетенции у студентов:

- лекции с применением мультимедийных технологий;
- разбор конкретных ситуаций на практических занятиях;

Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 60% аудиторных занятий.

Форма проведения лекционных занятий – аудиторная, с использованием компьютерных презентаций в аудитории, оборудованной плазменными панелями, с комплектом дидактических материалов.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет - ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

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

**Текущий контроль** успеваемости студентов по дисциплине проводится в форме тестирования, на практических занятиях, во внеучебное время.

### **Промежуточная аттестация**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – ЭКЗАМЕН, который проводится как процедуры внутреннего оценивания .

Технология оценивания – сопоставление продемонстрированных параметров деятельности и /или характеристик продукта деятельности с заданными эталонами и стандартами, с последующим агрегированием составляющих оценок в итоговую оценку.

Для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины используется рейтинговая система оценки знаний студентов.

### **6.1. План самостоятельной работы студентов**

№ п/п	Вид контроля	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	1. Общие сведения о нанотехнологиях: Что понимается под терминами "Наноматериалы", "Нанотехнологии", "Наноструктуры". Привести примеры. 2. Физические процессы в наноразмерных структурах. 3. Основные свойства пористых наноматериалов. 4. Основные свойства аморфных наноматериалов. 5. Основные свойства нанокompозитных материалов.	



	<p>6. Особенности получения химического и физического гелей.  7. Способы получения золь и управления процессом гелеобразования .  8. Методы получения систем наночастиц с заданной степенью дисперсности.  9. Золь-гель-технология пористых материалов и нанокомпозитов.  10. Особенности каталитической активности наночастиц.  11. Физико-химические основы метода локального зондового окисления.  12. Особенности создания электропродящих слоев.  13. Кинетика процесса локального зондового окисления.  14. Использование локального зондового окисления для формирования наноструктур.  15. Самоорганизующиеся материалы.  16. Методы синтеза нанопорошков.  17. Суть метода химического соосаждения.  18. Основные технологические параметры, влияющие на процесс анодирования.  19. Влияние типа кислоты на анодное травление алюминия.  20. Особенность методики двухстадийного травления.</p>	<p>ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6,  ПК4-6</p>
2	<p><b>Вопросы для проведения 2-ого коллоквиума (15 неделя)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получение органических нанослойных композиций методом Ленгмюра-Блоджетт.</li> <li>2. Молекулярно-лучевая эпитаксия.</li> <li>3. Атомно-слоевое осаждение.</li> <li>4. Основные типы колебаний, возникающие в молекулах под действием инфракрасного излучения.</li> <li>5. Особенность методики измерения спектров на спектрометре Фурье.</li> <li>6. Особенности методик определения качественного и количественного состава материалов методом ИК-спектроскопии.</li> <li>7. Методика структурного анализа материалов.</li> <li>8. Исследование структурного и химического упорядочения некристаллических материалов.</li> <li>9. Эллипсометрия – оптический метод контроля.</li> <li>10. Автоматизированные эллипсометры.</li> <li>11. Компьютерная оптическая микроскопия.</li> <li>12. Сканирующий туннельный микроскоп: устройство, принцип действия.</li> <li>13. Сканирующий атомно-силовой микроскоп: устройство, принцип действия, способы проведения атомно-силовой микроскопии.</li> <li>14. Особенности формирования тонкослойной мембраны в кремнии.</li> <li>15. Пленки – источники диффузии в поликристаллические материалы.</li> <li>16. Каталитические свойства нанопленок.</li> <li>17. Перколяционные наноструктуры.</li> <li>18. Классификация газовых сенсоров и принцип их действия.</li> <li>19. Структура полупроводникового газового сенсора.</li> </ol>	<p>ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6,  ПК4-6</p>

	20. Оптические сенсоры. 21. Биосенсоры.	
--	--	--

**Примечание: вопросы для проведения коллоквиумов можно использовать для составления экзаменационных билетов и проведения защит лабораторных работ.  
Тесты проверки остаточных знаний**

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

При изучении разделов лекционного курса и подготовке к практическим занятиям необходимо пользоваться указанной литературой (п. 7).

Текущая аттестация обучающихся осуществляется путем учета уровня знаний и степени усвоения учебного материала дисциплины по мере ее изучения. Баллы на текущей аттестации выставляются по результатам посещения лекций и активности на практических занятиях.

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-4	Раздел 1. Наноматериалы	Подготовка к практическим занятиям	Изучить необходимые разделы рекомендованной литературы, подготовить по ним краткие сообщения	1-4	8
		Изучение разделов лекционного курса	Изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу по теме		8
5-8	Раздел 2. Процессы нанотехнологий	Подготовка к практическим занятиям	Изучить необходимые разделы рекомендованной литературы, подготовить по ним краткие сообщения	4-6	8
		Изучение разделов лекционного курса	Изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу по теме		8
9-14	Раздел 3. Методы диагностики	Подготовка к практическим занятиям	Изучить необходимые разделы рекомендованной литературы, подготовить по ним краткие сообщения	3-5	12
		Изучение разделов лекционного курса	Изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу по теме		12

15-18	Раздел 4. Применение наноматериалов и нанотехнологий	Подготовка к практическим занятиям	Изучить необходимые разделы рекомендованной литературы, подготовить по ним краткие сообщения	1-6	8
		Изучение разделов лекционного курса	Изучить конспект лекций и рекомендуемую литературу по теме		8
		Подготовка к экзамену			36

### 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Решение задач на практических занятиях обязательная составляющая самостоятельного изучения теоретического материала. Усвоение их контролируется в соответствии с компетенциям, в том числе на коллоквиумах и соответствующих видах занятий.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

#### Вопросы к экзамену

1. Общие сведения о нанотехнологиях: Что понимается под терминами "Наноматериалы", "Нанотехнологии", "Наноструктуры". Привести примеры.
2. Физические процессы в наноразмерных структурах.
3. Основные свойства пористых наноматериалов.
4. Основные свойства аморфных наноматериалов.
5. Основные свойства нанокompозитных материалов.
6. Особенности получения химического и физического гелей.
7. Способы получения зольей и управления процессом гелеобразования.
8. Методы получения систем наночастиц с заданной степенью дисперсности.
9. Золь-гель-технология пористых материалов и нанокompозитов.
10. Особенности каталитической активности наночастиц.
11. Физико-химические основы метода локального зондового окисления.
12. Особенности создания электропродящих слоев.
13. Кинетика процесса локального зондового окисления.
14. Использование локального зондового окисления для формирования наноструктур.
15. Самоорганизующиеся материалы.
16. Методы синтеза нанопорошков.
17. Суть метода химического соосаждения.
18. Основные технологические параметры, влияющие на процесс анодирования.
19. Влияние типа кислоты на анодное травление алюминия.
20. Особенность методики двухстадийного травления.
21. Получение органических нанослойных композиций методом Ленгмюра-Блоджетт.
22. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
23. Атомно-слоевое осаждение.
24. Основные типы колебаний, возникающие в молекулах под действием инфракрасного излучения.
25. Особенность методики измерения спектров на спектрометре Фурье.
26. Особенности методик определения качественного и количественного состава материалов методом ИК-спектроскопии.
27. Методика структурного анализа материалов.

28. Исследование структурного и химического упорядочения некристаллических материалов.
29. Эллипсометрия – оптический метод контроля.
30. Автоматизированные эллипсометры.
31. Компьютерная оптическая микроскопия.
32. Сканирующий туннельный микроскоп: устройство, принцип действия.
33. Сканирующий атомно-силовой микроскоп: устройство, принцип действия, способы проведения атомно-силовой микроскопии.
34. Особенности формирования тонкослойной мембраны в кремнии.
35. Пленки – источники диффузии в поликристаллические материалы.
36. Каталитические свойства нанопленок.
37. Перколяционные наноструктуры.
38. Классификация газовых сенсоров и принцип их действия.
39. Структура полупроводникового газового сенсора.
40. Оптические сенсоры.
41. Биосенсоры.

#### **6.4. Перечень тем практических занятий**

- Основные методы получения наноматериалов (6 часов).
- Получение двумерных наноструктур методом анодного травления (4 часа).
- Основы методов диагностики наноматериалов (4 часа).
- Газочувствительные и каталитические свойства наноматериалов (4 часа).

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

#### **Основная литература**

1. Таиров Ю.М, Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов.– СПб.: Лань, 2002. – 424 с. (80 экз.).
2. Александров С.Е., Греков Ф.Ф. Технология полупроводниковых материалов / СПб.: Лань, 2012. – 240 с - [Электронный ресурс. ЭБС Лань] (неограниченный доступ) — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3554>
3. Аверин И.А., Головяшкин А.Н. под ред. Печерской Р.М. Физика и технология тонких пленок: Учебное пособие, Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. – 172 с. (19 экз.).
4. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы: Монография. - М.:ФИЗМАТЛИТ, 2000. - 224с.: [Электронный ресурс.] - <http://znanium.com/bookread2.php?book=851568>

#### **Дополнительная литература**

5. Шилова, О.А. Золь-гель технология микро- и нанокомпозигов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12939>
6. Аверин И.А. Управляемый синтез гетерогенных систем: получение и свойства : монография / И. А. Аверин ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. - 316 с. (10 экз.).

#### **Интернет-ресурсы**

1. <http://e.lanbook.com/books/>,
2. Электронная библиотека ПГУ <http://www.pnzgu.ru/elresurs>
3. <http://www.elibrary.ru>
4. [ЭБС ZNANIUM.COM](http://znanium.com)

## **Программное обеспечение**

Лицензионное ПО:

- ПО «Microsoft Windows» (подписка DreamSpark/Microsoft Imagine Standard); регистрационный номер 00037FFEВАСCF8FD7,

включает в себя:

Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8, Microsoft Windows 8.1, Microsoft Windows 10, Microsoft Windows Server 2008, Microsoft Windows Server 2010, Microsoft Windows Server 2012

Microsoft Office Visio 2003, Microsoft Office Visio 2007, Microsoft Office Visio 2010, Microsoft Office Access 2013.

Microsoft Office Access 2003, Microsoft Office Access 2007, Microsoft Office Access 2010, Microsoft Office Access 2012, Microsoft Office Access 2013, Microsoft Office Access

Microsoft Visual Studio 2005, Microsoft Visual Studio 2008, Microsoft Visual Studio 2010, Microsoft Visual Studio 2012, Microsoft Visual Studio 2013.

- ПО «Антивирус Касперского»

Свободно распространяемое ПО:

- Open Office;

- Mozilla Firefox;

- Google Chrome;

- Adobe Acrobat Reader;

- 7zip;

- FreeCommander;

- Mathcad Express,

<https://www.ptc.com/en/mathcad-download>

<https://habrahabr.ru/company/nerepetitor/blog/247999/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Нанотехнологии в приборостроении»**

- Комплект учебной мебели: парты, стол преподавательский, стулья, доска.

- Компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет и доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

- Компьютер – 7 шт.

- Мультимедийные средства обучения (мультимедийный проектор, экран, компьютер).

- Учебные пособия.

Рабочая программа дисциплины «Нанотехнологии в приборостроении» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного Приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 877.

Программу составил:

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой НиМЭ



Аверин И.А.,

(подпись)

Программа одобрена на заседании кафедры НиМЭ

Протокол № 1

от « 8 » сентября 2014 года

Заведующий кафедрой НиМЭ,  
д.т.н., профессор



И.А. Аверин

(подпись)

Согласовано:

Декан ФПИТЭ



В.Д. Кревчик

(подпись)

Программа одобрена методической комиссией ФПИТЭ  
протокол № 2 от 3 10. 2014 г.

Председатель методической комиссии ФПИТЭ  
к.т.н., доцент



Задера А.В.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2015-2016	<i>№1 от 4.09.2015</i>	<i>без изменений</i>			
2016-2017	<i>№1 от 4.09.2016</i>	<i>изменен п. 4</i>			
2017-2018	<i>№4 от 5.09.2017</i>	<i>изменен п. 5</i>			