

ДПП ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТЕЛ МЕТОДАМИ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ.jpeg

ДПП СЗМ 2017.doc

**Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных
материалов»
ФГБНУ ТИСНУМ**

ПРИНЯТО

На заседании Ученого совета
ФГБНУ ТИСНУМ
Протокол № 2016-11-03

« 3 » ноября 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ТИСНУМ

В.Д. Бланк



2016 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

Исследование геометрических, электрических и механических свойств
твердых тел методами зондовой микроскопии

Срок освоения 36 академических часов

г. Москва, г. Троицк
2016 год

СОДЕРЖАНИЕ

Оглавление	стр.
Введение	3
Общие положения	3
Характеристика программы	3
Планируемые результаты обучения	4
Календарный учебный график	5
Учебный план	5
Рабочая программа	6
Организационно-педагогические условия реализации программы	8
Формы контроля и аттестации	11
Оценочные средства	11
Нормативные правовые акты	12

1. ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа предназначена для реализации повышения квалификации специалистов в рамках направления подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Целью повышения квалификации является повышение профессионального уровня специалистов, развитие творческой инициативы, подготовка к выполнению новых трудовых функций.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации по теме «Исследование геометрических, электрических и механических свойств твердых тел методами зондовой микроскопии» (далее – Программа), по специальности «Приборы и методы экспериментальной физики», представляет собой совокупность требований, обязательных при ее реализации в рамках системы образования.

2.2. Направленность Программы практико-ориентированная и заключается в удовлетворении потребностей профессионального развития научных и инженерных работников, обеспечении соответствия их квалификации меняющимся условиям профессиональной деятельности и социальной среды.

2.3. Цель Программы – совершенствование имеющихся компетенций, приобретение новых компетенций для повышения профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

2.4. Задачи Программы:

– обновление существующих теоретических и освоение новых знаний, методик и изучение передового практического опыта в области экспериментальной физики;

– усвоение и закрепление на практике профессиональных знаний, умений и навыков, обеспечивающих совершенствование профессиональных компетенций по вопросам исследования геометрических, электрических и механических свойств твердых тел методами зондовой микроскопии.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

3.1. Трудоемкость освоения Программы составляет 36 академических часов (1 академический час равен 45 мин).

3.2. Программа реализуется в очной форме обучения (с отрывом от работы) на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» (далее - ФГБНУ ТИСНУМ) Минобрнауки России.

К освоению Программы допускаются научные работники специальностей, установленные номенклатурой специальностей научных работников (утвержденных Приказом Министерства образования и науки РФ от 25 февраля 2009 г. N 59 "Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени), отрасль науки - физико-математическая), а также инженерный и технический состав с высшим образованием.

3.3. Для формирования профессиональных умений и навыков в Программе предусматриваются: лекционные, практические и контролирующие занятия.

3.4. Содержание Программы построено в соответствии с модульным принципом, структурными единицами модуля являются разделы. Каждый раздел модуля подразделяется на темы, каждая тема – на элементы.

Для удобства пользования Программой в учебном процессе каждая его структурная единица кодируется. На первом месте ставится код раздела (например, 1), на втором – код темы (например, 1.1), далее – код элемента (например, 1.1.1). Кодировка вносит определенный порядок в изучение разделов и тем, содержащихся в Программе.

3.5. Учебный план определяет перечень, трудоемкость, последовательность и

распределение модулей (разделов), устанавливает формы организации учебного процесса и их соотношение (лекции, практические занятия), формы контроля знаний и умений обучающихся.

С учетом базовых знаний обучающихся и актуальности задач в системе непрерывного образования отделом образовательных программ и аспирантуры могут быть внесены изменения в распределение учебного времени, предусмотренного учебным планом Программы, в пределах 15 % от общего количества учебных часов.

3.6. В Программу включены планируемые результаты обучения, в которых отражаются требования профессиональных стандартов или квалификационных характеристик по соответствующим должностям, профессиям и специальностям.

3.7. Программа содержит требования к итоговой аттестации обучающихся, которая осуществляется в форме зачета и выявляет теоретическую и практическую подготовку в соответствии с целями и содержанием Программы.

3.8. Организационно-педагогические условия реализации Программы включают:

- а) тематику учебных занятий и их содержание для совершенствования компетенций;
- б) учебно-методическое и информационное обеспечение;
- в) материально-техническое обеспечение;
- г) кадровое обеспечение.

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Требования к квалификации:

Уровень образования работников, проходящих повышение квалификации должен соответствовать установленным квалификационным требованиям к конкретным должностям, а именно: уровень профессионального образования – высшее образование соответствующее отрасли 01.00.00 Физико-математические науки и некоторые специальности отрасли 05.00.00 технические науки.

4.2. Результаты обучения по Программе, направлены на совершенствование компетенций, усвоенных в рамках полученного ранее высшего профессионального образования, и в приобретении компетенций, необходимых для выполнения профессиональной деятельности по вышеуказанным специальностям.

4.3. Характеристика профессиональных компетенций, подлежащих совершенствованию в результате освоения Программы.

У обучающегося совершенствуется следующая профессиональная компетенция (далее – ПК):

Способность самостоятельно использовать и применять физические явления и процессы, которые имеют место в приповерхностном слое твердого тела при механическом воздействии (ПК-1).

4.4. Характеристика новых профессиональных компетенций, приобретаемых в результате освоения Программы.

У обучающегося должна быть сформирована следующая профессиональная компетенция (ПК-2):

Способность самостоятельно применять технологии и методы исследования механических и геометрических свойств поверхности с нанометровым пространственным разрешением, используя знание о физических явлениях и процессах, происходящих при взаимодействии зонда (твёрдого наконечника) с поверхностью исследуемого объекта (ПК-2).

4.5. Требования к результатам освоения содержания Программы.

В результате изучения Программы обучающийся должен:

Знать: естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, основные тенденции развития приборов и методов экспериментальной физики;

Уметь: использовать широкий круг зондовых методов для исследовательских работ; проводить калибровку приборов;

измерять и испытывать образцы с учетом конкретной научной или технической задачи.
Владеть: навыками и методами работы со специализированным оборудованием;
 навыками применения знаний в экспериментальной работе.

5. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

График обучения				
Форма обучения	Академических часов в день	Дней в неделю	Общая трудоемкость Программы в часах	Итоговая аттестация
Очная	6-8	5	36	зачет

6. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Код	Наименование разделов дисциплин и тем	Всего часов	Форма контроля			Промежуточный контроль (тестовые задания)
			Лекции	СР	ПРАКТ. ЗАН.	
1	Сканирующая зондовая микроскопия.	6	6	–	–	
1.1.	Основы СЗМ	2	2	–	–	Текущий контроль (опрос)
1.2.	Измерительные приборы	2	2	–	–	Текущий контроль (опрос)
1.3.	Обработка данных	2	2	–	–	Текущий контроль (опрос)
1.4.	Самостоятельная работа	2		2		
2	Геометрия и физические свойства поверхности исследуемых образцов.	8		–	8	Промежуточный контроль (опрос)
2.1	Практические занятия	8	–	–	8	Текущий контроль (опрос)
3	Механические свойства поверхности.	8	–	–	6	Промежуточный контроль (опрос)
3.1	Устройство сканирующих твердомеров.	2	2	–		Текущий контроль (опрос)
3.2	Практические занятия	4			4	Текущий контроль (опрос)
3.3.	Самостоятельная работа	2		2		
4	Динамические методы, картографирование механических свойств	6	–	–	6	Промежуточный контроль (опрос)
4.1	Практические занятия	6	–	–	6	Текущий контроль (опрос)
4.2	Самостоятельная работа	2		2		
5.	Проверка усвоения курса. Обсуждение проведенных занятий. Рассмотрение нестандартных вопросов.	2	–	–	2	Круглый стол
	Зачетное занятие					2
Итоговая аттестация		2	–	–	–	Зачет (контрольные вопросы)
Всего		36	8	6	18	2

7. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по теме «Исследование механических свойств с помощью сканирующей зондовой микроскопии»

РАЗДЕЛ 1.

Сканирующая зондовая микроскопия.

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
1.1.	Сканирующая зондовая микроскопия.
1.1.1.	Сканирующая зондовая микроскопия. Общие принципы. Атомно силовая микроскопия (АСМ), туннельная микроскопия. Режимы сканирования, многопроходные методы.
1.1.2.	Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ): метрологические ограничения и технологические возможности. Зонд, как средство измерения. Поиски эффектов чувствительных к изменению расстояния. Основные принципы и потенциальные возможности сканирующей зондовой микроскопии.
1.1.3.	Специфика работы с непроводящими поверхностями и различные режимы работы классических АСМ.
1.1.4.	Туннельный эффект и возможности Сканирующего Туннельного Микроскопа.
1.1.5.	Устройство зондовых микроскопов. Пьезосканер (емкостные датчика), система лазеров, кантилеверы. Кремневый кантилевер и лазерный дефлектор, как основа целого класса СЗМ. Система управления, обратная связь.
1.1.6.	Получение изображений поверхности, спектроскопия. Спектрометрические измерения с помощью СЗМ, включая использование эффекта гигантского комбинационного рассеяния, называемого также зондово усиленной Рамановской спектроскопией. Обработка изображения. Калибровка прибора. Точность, разрешение методов (защита от вибрации и температурного дрейфа, форма острия).
1.2.	Обзор измерительных приборов, используемых в устройствах зондовой микроскопии
1.2.1.	Демонстрация прибора Интегра Прима. Устройство прибора. Интерфейс управления. Включение, настройка, подвод к образцу, сканирование. Типы данных. Первичная обработка данных. Сохранение, выключение.
1.2.2.	Замена кантилевера. Контактный и полуконтактный режим сканирования. Обратная связь. Сигнал ошибки. Силовые кривые подвода. Различные контактные методы. (Решётка TGZ)
1.2.3.	Туннельная микроскопия. Токовые методы (проводящий образец).
1.2.4.	Работа с данными. Артефакты изображений. Методы обработки. Фильтрация. Анализ изображения. Калибровка сканера. Шероховатость (набор различных СЗМ-изображений)
1.3.	Обработка данных, полученных при работе с зондовой микроскопией
1.3.1.	Устройство сканирующих твердомеров. Особенности конструкции. Оригинальные методы.
1.3.2.	Демонстрация прибора НаноСкан-3Д. Устройство прибора, программы управления. Замена зонда. Настройка, подвод к образцу. Сканирование рельефа поверхности. (Решётка TGZ)
1.3.3.	Модификация поверхности. Индентирование, царапание, трение. Нанолитография. Проверка формы наконечника. (Кварц)
1.3.4.	Самостоятельная работа. Работа с литературой и электронными ресурсами.

РАЗДЕЛ 2.

Геометрия и физические свойства поверхности исследуемых образцов.

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
-----	--

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
2.1	Практические занятия
2.1.1.	Демонстрация прибора Интегра Прима. Устройство прибора. Интерфейс управления. Включение, настройка, подвод к образцу, сканирование. Типы данных. Первичная обработка данных. Сохранение, выключение.
2.1.2.	Замена кантилевера. Контактный и полуконтактный режим сканирования. Обратная связь. Сигнал ошибки. Силовые кривые подвода. Различные контактные методы. (Решётка TGZ).
2.1.3.	Туннельная микроскопия. Токовые методы (проводящий образец).
2.2.	Работа с полученными данными. Артефакты изображений. Методы обработки. Фильтрация. Анализ изображения. Калибровка сканера. Шероховатость (набор различных СЗМ-изображений).
2.3.	Самостоятельная работа. Работа с литературой и электронными ресурсами.

РАЗДЕЛ 3.

Механические свойства поверхности твердых тел.

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
3.1.	Устройство сканирующих твердомеров.
3.1.1.	Особенности конструкции. Оригинальные методы.
3.2.	Практические занятия
3.2.1	Демонстрация прибора НаноСкан-3Д. Устройство прибора, программы управления. Замена зонда. Настройка, подвод к образцу. Сканирование рельефа поверхности. (Решётка TGZ).
3.2.2.	Модификация поверхности. Индентирование, царапание, трение. Нанолитография. Проверка формы наконечника. (Кварц).
3.2.3.	Самостоятельная работа. Работа с литературой и электронными ресурсами.

РАЗДЕЛ 4.

Динамические методы, картографирование механических свойств.

Код	Наименование тем, элементов и подэлементов
4.1	Практические занятия
4.1.1.	Определение механических свойств по отпечаткам индентов, царапин. Твёрдость, упругость, трещиностойкость, адгезия. Шероховатость поверхности. Толщина покрытий. (Плёнки).
4.1.2.	НаноСкан-3Д. Метод измерения модуля упругости по кривым подвода.
4.1.3.	Количественные измерения механических карт твёрдости.
4.1.4.	Самостоятельная работа. Работа с литературой и электронными ресурсами.

РАЗДЕЛ 5.

Зачетное занятие

5.1.	Итоговая аттестация (Зачетное занятие)
5.1.1.	Обсуждение проведённых занятий. Рассмотрение нестандартных вопросов.
5.1.2.	Контрольный опрос по пройденному материалу.

8. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

8.1. Тематика учебных занятий и их содержание для совершенствования компетенций.
Лекционные занятия:

№	Тема лекции	Содержание	Совершенствуемые компетенции
1.	Основы Сканирующего Зондового Микроскопа.	1.1	ПК-1, ПК-2
2.	Обзор измерительных приборов, используемых в устройствах зондовой микроскопии.	1.2	ПК-1, ПК-2
3.	Обработка данных, полученных при работе с зондовой микроскопии.	1.3.	ПК-2
4	Устройство сканирующих твердомеров.	3.1.	ПК-2

Практические занятия:

№	Тема практического занятия	Содержание	Совершенствуемые компетенции
1.	Демонстрация прибора Интегра Прима. Устройство прибора. Интерфейс управления.	2.1.1	ПК-1
	Туннельная микроскопия.	2.1.3	ПК-1
	Работа с полученными данными. Артефакты изображений. Методы обработки.	2.2.	ПК-1
	Демонстрация прибора НаноСкан-3Д. Устройство прибора, программы управления. Замена зонда. Настройка, подвод к образцу. Сканирование рельефа поверхности.	3.2.1.	ПК-1
	Модификация поверхности. Инден-тирование, царапание, трение. Нано-литография.	3.2.2	ПК-1, ПК-2
3.	Определение механических свойств по отпечаткам индентов, царапин. Твёрдость, упругость, трещиностой-кость, адгезия. Шероховатость по-верхности. Толщина покрытий.	4.1.1	ПК-1, ПК-2
4.	НаноСкан-3Д. Метод измерения мо-дуля упругости по кривым подвода.	4.1.2	ПК-1, ПК-2
	Количественные измерения механи-ческих карт твёрдости.	4.1.3.	

Итоговая аттестация

№	Зачетное занятие	Содержание	Совершенствуемые компетенции
1	Контрольный опрос	5.1.2	ПК-1, ПК-2

8.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основная литература:

1. В.Л. Миронов, Основы сканирующей зондовой микроскопии. - М.: Техносфера, 2004.
2. <http://www.ntmdt-si.ru/spm-principles> (Принцип работы СЗМ методики исследования)
3. ГОСТ Р 8.748-2011(ИСО 14577-1:2002) Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании. Часть 1. Метод испытаний.
4. ГОСТ 9450-76 Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников
5. Ю. И. Головин, Наноиндентирование и его возможности. - М.: Машиностроение, 2009

Дополнительная литература:

1. В.Н. Решетов, Е.О. Баранова, Сканирующая зондовая микроскопия: учебно-методическое пособие – Троицк: МФТИ:ФГУ ТИСНУМ, 2011.-56 с.
2. В.Н. Решетов, Лабораторный практикум «Современные методы исследования наноразмерных структур. Сканирующая зондовая микроскопия и измерительное динамическое индентирование – основные принципы и возможности – Троицк: МФТИ: ФГУ ТИСНУМ, 2011.-44 с.

8.3 Базы данных, информационно-справочные системы:

1. Научная электронная библиотека: электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства Elsevier, www.elsevier.ru;
2. Научная электронная библиотека: электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства Springer, www.springer.com;
3. Научная электронная библиотека: elibrary.ru;
4. Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов: www.dissercat.com;
5. Российская национальная библиотека: www.nlr.ru;
6. Журналы по физике твердого тела;
7. Наноиндустрия;
8. Приборы и техника эксперимента;
9. Заводская лаборатория - диагностика материалов;
10. ЖТФ;
11. Письма в ЖТФ;
12. Physica Status Solidi b, Physical Review B;
13. Доступные через Internet научные и научно-технические журналы, электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса.

Программное обеспечение:

1. Windows 7 Enterprise
2. Microsoft Office Professional Plus 2013 with SP1
3. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
4. Nova (NT-MDT)
5. Image Analyses (NT-MDT)
6. NanoScan Device (ФГБНУ ТИСНУМ)
7. NanoScan Viewer (ФГБНУ ТИСНУМ)
8. Профилометр модели 130 (Протон МИЭТ)

9. Altami Studio (Альтами)

Интернет-сайты:

Журналы издательства SAGE

Список журналов и глубина доступа: http://www.neicon.ru/res/List/sage_prem_list.doc

Адрес для работы с ресурсом: <http://sagepub.com/home.nav>

Журнал Nature

Адрес: <http://nature.com>

Журнал Science

Адрес: <http://www.sciencemag.org/>

Журналы American Institute of Physics

Адрес: <http://scitation.aip.org/>

Журналы The Optical Society of America (OSA) – Optics InfoBase

Список журналов: http://neicon.ru/res/List/osa_list.doc

Адрес для работы с ресурсом: <http://opticsinfobase.org>

Список журналов: http://neicon.ru/res/List/spie_list.doc

Адрес для работы с ресурсом: <http://spiedigitallibrary.org>

8.4. Материально-техническое обеспечение

Учебно-лабораторная аудитория №21:

Монитор Phillips (1 шт.)

Системный блок In win (1 шт.)

Монитор View sonic (1 шт.)

Системный блок Nix (1 шт.)

Клавиатура+мышь (2 шт.)

Книжный шкаф для для учебных пособий и учебно-научной библиотеки (1 шт.)

Стол (2 шт.)

Стул (2 шт.).

Специальное оборудование для проведения научных исследований:

Нанотвердомер «НаноСкан-4Д» (ФГБНУ ТИСНУМ, Россия);

Сканирующий нанотвердомер «НаноСкан-3D» (ФГБНУ ТИСНУМ, Россия);

Микротвердомер DuraScan (EMCO-TEST, Австрия).

Профилометр модели 130 (Протон МИЭТ).

Лекционный зал с мультимедийным оборудованием №6:

Монитор NEC (1 шт.)

Системный блок Microlab(1 шт.)

Клавиатура+мышь Genius(1 шт.)

Интерактивная доска Triumph Board (1 шт)

Мультимедийное оборудование:

Усилитель AVE, колонки, проектор IPRO-GEETA, документ-камера, лазерная указка, пульт дистанционного управления презентациями, микрофон, смарт-тв LG
Копировальный аппарат Canon (1 шт.)
Принтер HP Laser Jet (1 шт.)
Стол для лекционных занятий (11 шт.)
Стул (20 шт.)

Локальная вычислительная сеть и беспроводная сеть для комфортной работы с компьютерами (ноутбуками) в каждом отделе, отделении и лаборатории со свободным выходом пользователей сети в Интернет (компьютеры с выходом в Интернет – 70 шт.); компьютерный класс на 10 посадочных мест; мультимедийные комплексы; аудиторный и библиотечный фонд, в том числе дистанционные и электронные возможности, для самостоятельной подготовки обучающихся.

8.5. Кадровое обеспечение

Реализация Программы осуществляется научно-педагогическим составом, состоящим из специалистов, систематически занимающихся научной и научно-методической деятельностью со стажем работы в системе высшего и/или дополнительного профессионального образования, научной сферы в области физико-математических и технических наук не менее 5 лет.

9. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И АТТЕСТАЦИИ

9.1. Текущий контроль хода освоения учебного материала проводится в форме устного опроса. Промежуточный контроль проводится в форме опроса по контрольным вопросам.

9.2. Итоговая аттестация обучающихся по результатам освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации проводится в форме зачета аттестационной комиссией.

9.3. Обучающиеся допускаются к итоговой аттестации после изучения Программы в объеме, предусмотренном учебным планом.

9.4. Обучающиеся, освоившие Программу и успешно прошедшие итоговую аттестацию, получают удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

10. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Примерная тематика контрольных вопросов:

1. Определение сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Типичные схемы приборов (образец, датчик сканер) и принцип работы.
2. Основные типы СЗМ. Основные различия.
3. Сканирующий туннельный микроскоп. Схема работы. Туннельный эффект, туннельный ток. Область применения (ограничение) метода. Разрешение.
4. Сканирующая атомно-силовая микроскопия. Схема и режимы работы. Работа обратной связи (опорный сигнал, усиление). Сигнал ошибки.
5. Контактные, бесконтактные и полуконтактные методы сканирования поверхности. Ван-дер-Ваальсовы силы взаимодействия между кантилевером и поверхностью образца.

6. Многопроходные методы. Магнитные и емкостные свойства, поверхностный потенциал. Метод зонда Кельвина. Режим пьезоотклика.
7. СЗМ-изображения. Первичная обработка изображений. Ошибки и артефакты сканирования.
8. Редактирование изображений. Применение фильтров. Анализ формы поверхности. Измерение шероховатости.
9. Точность, разрешение методов СЗМ. Влияние вибрации и температурного дрейфа, формы наконечника зонда. Калибровка прибора (пьезосканер, наконечник зонд).
10. Подготовка к измерениям. Выбор кантилевера Резонансная частота колебаний зонда, настройка лазерного пучка. Крепление, подготовка поверхности образца.
11. Силовая спектроскопия. Определение амплитуды колебания зонда. Измерение адгезии.
12. Токовые методы. Схема подключения. Выбор кантилевера. Подготовка образца. Измерение карты проводимости. Кривые подвода.
13. Устройство сканирующих твердомеров. Пьезорезонансный зонд. Индентор.
14. Механические испытания. Индентирование, царапание, истирание. Область применения.
15. Исследование механических свойств. Измерение пластических, упругих свойств и хрупкость материалов.
16. Факторы, влияющие на результат испытаний. Толщина образца, материал подложки, шероховатость и обработка поверхности.
17. Определение формы наконечника. Стандартные образцы, меры. Нанолитография.
18. Работа с тонкими плёнками. Толщина, адгезия.
19. Определение модуля упругости методом силовой спектроскопии. Физические принципы метода. Область применения (ограничения метода). Калибровка датчика.
20. Получение карт распределения механических свойств. Способы. Количественные и качественные методы.

11. НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.07.2013 № 499 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 25 февраля 2009 г. N 59 "Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени"
4. Приказ Министерства образования и науки РФ от 15.01.2013 г. № 10 «О федеральных государственных требованиях к минимуму содержания дополнительных профессиональных образовательных программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации педагогических работников, а также к уровню профессиональной переподготовки педагогических работников»;
5. Письма Минобрнауки России от 09.10.2013 № 06 - 735 «О дополнительном профессиональном образовании».