

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  В.И. Ряжских  
«31» августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Технология изготовления и метрология тонкоплёночных  
наноструктур»

**Направление подготовки 27.04.01 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ**

**Профиль Метрология наноструктур и нанотехнологий**

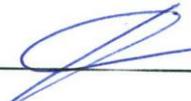
**Квалификация выпускника магистр**

**Нормативный период обучения 2 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2018**

Автор программы

  
/ А.В. Ситников /

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела

  
/ Ю.Е. Калинин /

Руководитель ОПОП

  
/ В.А. Небольсин /

Воронеж 2018

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины** освоение студентам комплекса современной научных знаний о процессах формирования наноструктурированных тонкопленочных объектов и взаимосвязи структуры с физическими свойствами наноконпозиционных материалов; развитие умений получать, аттестовывать и измерять электрические свойства наноструктурированных тонких пленок; формирование у студентов концепций современного мировоззрения.

**1.2. Задачи освоения дисциплины** ознакомить студентов с основами получения, аттестации и физическими свойствами нанотекстурированных тонкопленочных материалов; сформировать у студентов представления о физических и функциональных основах тонкопленочных наноматериалов; привить навыки самостоятельного анализа процессов, лежащих в основе изменения (формирования) макроскопических свойств материалов при переходе в нанометровый диапазон.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технология изготовления и метрология тонкопленочных наноструктур» относится к дисциплинам вариативной части блока **Б1.В.ОД.1**.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технология изготовления и метрология тонкопленочных наноструктур» направлен на формирование следующих компетенций:

ПВК-6 - производить оценку качества измерений, контроля и испытаний, обеспечивать эффективность измерений

ПВК-9 - способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, проводит научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с принятыми моделями для проверки их адекватности и при необходимости предлагать новые решения

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПВК-6	Знать физические основы методов контроля физических параметров наноструктурных материалов.
	Уметь проводить оценку влияния состава, способов получения на функциональные параметры наноматериалов.
	Владеть методами проверки функциональных параметров наноконпозитов.
ПВК-9	Знать физические принципы формирования наноструктурированных сред и области применения наноконпозиционных материалов.

	Уметь получать наноструктурированные материалы различными методами.
	Владеть методиками измерения физических свойств нанокomпозиционных тонкопленочных образцов.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технология изготовления и метрология тонкопленочных наноструктур» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	45	27	18
В том числе:			
Лекции	9	9	-
Практические занятия (ПЗ)	18	18	-
Лабораторные работы (ЛР)	18	-	18
<b>Самостоятельная работа</b>	99	45	54
Виды промежуточной аттестации - зачет, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	72	72
зач.ед.	4	2	2

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**  
**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Структура нанокomпозитов	Механизмы формирования нанокomпозитов металл-диэлектрик, металл-металл, металл-углерод, влияние состава на структуру композитов, влияние технологических параметров получения на структуру композитов, способы получения нанокomпозитов.	1	2	4	16	23
2	Электрические свойства нанокomпозитов.	Порог перкаляции, концентрационные зависимости проводимости композитов, механизмы электропереноса в композитах металл-диэлектрик, влияние температуры на электрические свойства композитов.	2	2	-	16	24
3	Магнитные свойства нанокomпозитов.	Магнитостатические свойства композитов, комплексная магнитная проницаемость пленок нанокomпозитов, концентрационные зависимости магнито статических и магнитодинамических свойств композитов металл-диэлектрик, частотные зависимости комплексной	2	2	4	16	24

		магнитной проницаемости, использование композиционных свойств пленок композитов устройства поглощения электромагнитных излучений.					
4	Магнитоэлектрические свойства нанокompозитов	Гигантский магниторезистивный (ГМР) эффект в нанокompозитах металл-диэлектрик, механизмы возникновения ГМР эффекта, влияния состава и концентрации металлической и диэлектрических фаз на ГМР.	2	4	4	16	24
5	Механические свойства нанокompозитов	Механизмы упрочнения в материалах, композиты, как перспективные покрытия для механического упрочнения функциональных материалов, влияние состава и концентрации фаз на эффект упрочнения, коррозионно стойкие покрытия.	2	4	-	18	26
6	Мемристорные свойства нанокompозитов	Мемристорный эффект, композиты перспективный материал для мемристивных элементов, влияние состава и концентрации композитов на функциональные свойства мемристивных материалов, механизмы переключения мемристорных структур.	-	4	4	17	23
<b>Итого</b>			<b>9</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>99</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

1. Получение нанокompозитов металл-диэлектрик методом ионно-лучевого распыления.
2. Формирование мемристорной структуры металл-композит металл методом последовательного осаждения пленок.
3. Измерение магниторезистивного эффекта в наногранулированных композитах металл-диэлектрик.
4. Измерение комплексной магнитной проницаемости в композитах металл-диэлектрик.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПВК-6	Знать физические основы методов контроля физических параметров наноструктурных материалов.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь проводить оценку влияния состава, способов получения на функциональные параметры наноматериалов.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами проверки функциональных параметров нанокompозитов.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПВК-9	Знать физические принципы формирования наноструктурированных сред и области применения нанокompозиционных материалов.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь получать наноструктурированные материалы различными методами.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методиками измерения физических свойств нанокompозиционных тонкопленочных образцов.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2, 3 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПВК-6	Знать физические основы методов контроля физических параметров наноструктурных материалов.	Защита реферата по теме практических работ и защита лабораторных работ	Выполнение реферата и защита лабораторных работ	Не выполнены требования
	Уметь проводить оценку влияния состава, способов получения на функциональные параметры наноматериалов.	Защита реферата по теме практических работ, выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение реферата и защита лабораторных работ	Не выполнены требования
	Владеть методами проверки функциональных параметров нанокompозитов.	Защита реферата по теме практических работ и защита лабораторных работ	Выполнение реферата и защита лабораторных работ	Не выполнены требования
ПВК-9	Знать физические принципы формирования наноструктурированных сред и области применения	Защита реферата по теме практических работ и защита лабораторных работ	Выполнение реферата и защита лабораторных работ	Не выполнены требования

	нанокомпозиционных материалов.			
	Уметь получать наноструктурированные материалы различными методами.	Защита реферата по теме практических работ, выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение реферата и защита лабораторных работ	Не выполнены требования
	Владеть методиками измерения физических свойств нанокомпозиционных тонкопленочных образцов.	Защита реферата по теме практических работ и защита лабораторных работ	Выполнение реферата и защита лабораторных работ	Не выполнены требования

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПВК-6	Знать физические основы методов контроля физических параметров наноструктурных материалов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь проводить оценку влияния состава, способов получения на функциональные параметры наноматериалов.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами проверки функциональных параметров нанокомпозитов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПВК-9	Знать физические принципы формирования наноструктурированных сред и области применения нанокомпозиционных материалов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь получать наноструктурированные материалы различными методами.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть методиками измерения физических свойств нанокomпозиционных тонкопленочных образцов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	---	--	--	---	--	------------------

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**  
Тестирование не предусмотрено

**7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**  
Примерный перечень рефератов на практические занятия

1. Структура нанокomпозитов
2. Электрические свойства нанокomпозитов.
3. Магнитные свойства нанокomпозитов.
4. Магнитоэлектрические свойства нанокomпозитов
5. Механические свойства нанокomпозитов.
6. Мемристорные свойства нанокomпозитов

**7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**  
Решение задач не предусмотрено.

**7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Структура нанокomпозитов
2. Электрические свойства нанокomпозитов.
3. Магнитные свойства нанокomпозитов.
4. Магнитоэлектрические свойства нанокomпозитов
5. Механические свойства нанокomпозитов
6. Мемристорные свойства нанокomпозитов
7. Механизмы формирования нанокomпозитов металл-диэлектрик, металл-металл.
8. Механизмы формирования нанокomпозитов металл-углерод.
9. Влияние состава на структуру композитов.
10. Влияние технологических параметров получения на структуру композитов.
11. Способы получения нанокomпозитов.
12. Порог перкаляции.
13. Концентрационные зависимости проводимости композитов.
14. Механизмы электропереноса в композитах металл-диэлектрик.
15. Влияние температуры на электрические свойства композитов.
16. Магнитоэлектрические свойства композитов.
17. Комплексная магнитная проницаемость пленок нанокomпозитов.
18. Концентрационные зависимости магнитоэлектрических и магнитоэлектрических свойств композитов металл-диэлектрик.

19. Частотные зависимости комплексной магнитной проницаемости композитов металл-диэлектрик.
20. Использование композиционных свойств пленок композитов устройствах поглощения электромагнитных излучений.
21. Гиганский магниторезистивный (ГМР) эффект в нанокompозитах металл-диэлектрик.
22. Механизмы возникновения ГМР эффекта в нанокompозитах.
23. Влияния состава и концентрации металлической и диэлектрических фаз на ГМР.
24. Механизмы упрочнения в материалах, композиты, как перспективные покрытия для механического упрочнения функциональных материалов.
25. Влияние состава и концентрации фаз нанокompозитов на эффект упрочнения.
26. Коррозионно стойкие покрытия из нанокомпозиционных пленок.
27. Мемристорный эффект.
28. Композиты перспективный материал для мемристивных элементов.
29. Влияние состава и концентрации композитов на функциональные свойства мемристивных материалов.
30. Механизмы переключения мемристорных структур.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Экзамен не предусмотрен

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 3.

1. Оценка «аттестован» полный и правильный ответ на два вопроса билета.
2. Оценка «не аттестован» ставится в случае, если студент набрал менее 2 баллов

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Структура нанокompозитов	ПВК-6, ПВК-9	Защита лабораторных работ, защита реферата, сдача зачета.
2	Электрические свойства нанокompозитов.	ПВК-6, ПВК-9	Защита лабораторных работ, защита реферата, сдача зачета.
3	Магнитные свойства нанокompозитов.	ПВК-6, ПВК-9	Защита лабораторных работ, защита реферата, сдача зачета.

4	Магнитоэлектрические свойства нанокомпозитов	ПВК-6, ПВК-9	Защита лабораторных работ, защита реферата, сдача зачета.
5	Механические свойства нанокомпозитов	ПВК-6, ПВК-9	Защита лабораторных работ, защита реферата, сдача зачета.
6	Мемристорные свойства нанокомпозитов	ПВК-6, ПВК-9	Защита лабораторных работ, защита реферата, сдача зачета.

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Гриднев С.А Нелинейные явления нано- и микрогетерогенных системах/С.А.Гриднев, Ю.Е.Калинин, А.В.Ситников, О.В.Стогней//М.:Бином. Лаборатория знаний, 2012, с. 352

2. В.М.Иевлев Тонкие пленки неорганических материалов: механизм роста и структура//Изд.-пол. центр ВГУ. - 2008.-С.495.

3. Ситников А.В. Электрические и магнитные свойства наногетерогенных систем металл-диэлектрик// Диссертация, – 2009 - ВГТУ, - С. 204

4. Стогней О. В. Электроперенос, магнитные и магнитотранспортные свойства аморфных наногранулированных композитов металл-диэлектрик//Диссертация,-2004-ВГТУ-С.161

5. Алешников А.А. Структура и электрические свойства композитов металл-углерод// Диссертация,-2015-ВГТУ-С.150

6. Аль Аззави Хайдер С. Мохаммед Структура, электрические и магнитные свойства многослойных пленок нанокомпозит-нанокомпозит//

Диссертация,-2016-ВГТУ-С.123

7. Копытин М. Н. Электроперенос и магнитотранспортные свойства гранулированных нанокомпозитов  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_n)_{100-x}$  и  $\text{Co}_x(\text{LiNbO}_n)_{100-x}$  в сильных электрических полях// Диссертация,-2006-ВГТУ-С.187

8. Трегубов И.М. Механические свойства нанокомпозитных покрытий на основе Fe и Co C  $(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{MgO}, \text{CaF}_2)$  // Диссертация,-2012-ВГТУ-С.155

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Интернет, базы данных elibrary.ru

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Стенды и установки напыления к 030, 024, 026 и 020 первого корпуса ВГТУ

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Технология изготовления и метрология тонкоплёночных наноструктур» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков поиска научно-технической информации по темам семинарских занятий. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.

Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе дисциплины

«Технология изготовления и метрология тонкоплёночных наноструктур»

**Направление подготовки** 27.04.01 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

**Профиль** Метрология наноструктур и нанотехнологий

**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2018

**Цель изучения дисциплины:** освоение студентам комплекса современной научных знаний о процессах формирования наноструктурированных тонкоплёночных объектов и взаимосвязи структуры с физическими свойствами наноконпозиционных материалов; развитие умений получать, аттестовывать и измерять электрические свойства наноструктурированных тонких плёнок; формирование у студентов концепций современного мировоззрения.

**Задачи изучения дисциплины:** ознакомить студентов с основами получения, аттестации и физическими свойствами нанотекстурированных тонкоплёночных материалов; сформировать у студентов представления о физических и функциональных основах тонкоплёночных наноматериалов; привить навыки самостоятельного анализа процессов, лежащих в основе изменения (формирования) макроскопических свойств материалов при переходе в нанометровый диапазон.

### **Перечень формируемых компетенций:**

ПВК-6 - производить оценку качества измерений, контроля и испытаний, обеспечивать эффективность измерений

ПВК-9 - способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, проводит научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с принятыми моделями для проверки их адекватности и при необходимости предлагать новые решения

**Общая трудоемкость дисциплины:** 4 з.е.

**Форма итогового контроля по дисциплине:** Зачет с оценкой