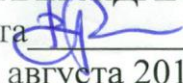


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.И. Ряжских
«31» августа 2017 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 2017

Автор программы

 / А.В. Ситников /

Заведующий кафедрой
физики твердого тела

 / Ю.Е. Калинин /

Руководитель ОПОП

 / В.А. Небольсин /

Воронеж 2017

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 нанокomпозиционных 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 нанокomпозитов.
ПВК-9	Знать физические принципы формирования наноструктурированных сред и области применения нанокomпозиционных 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
Аудиторные занятия (всего)	45	27	18
В том числе:			
Лекции	9	9	-
Практические занятия (ПЗ)	18	18	-
Лабораторные работы (ЛР)	18	-	18
Самостоятельная работа	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.	Магнитоэлектрические 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 мемристивных структур.	-	4	4	17	23
Итого			9	18	18	99	144

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 нанокompозитов $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_n)_{100-x}$ и $\text{Co}_x(\text{LiNbO}_n)_{100-x}$ в сильных электрических полях// Диссертация,-2006-ВГТУ-С.187

8. Трегубов И.М. Механические свойства нанокompозитных покрытий на основе Fe и Co C (Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , 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; помечать 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	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с

занятие	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 усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - 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 2017

Цель изучения дисциплины: освоение студентам комплекса современной научных знаний о процессах формирования наноструктурированных тонкоплёночных объектов и взаимосвязи структуры с физическими свойствами нанокomпозиционных 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