

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт Прикладной Математики, Физики и Информатики
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
К.С. Хорьков
2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В НАНОИНДУСТРИИ
(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

«Инженерно-физические технологии в нанотехнологиях»
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир
2021 год

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Технологии композиционных материалов в наноиндустрии» по ОПОП направления магистратуры 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» является формирование знаний и компетенций в области технологий изготовления композиционных материалов в наноиндустрии и изделий из них.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются профессиональные компетенции, отвечающие требованиям ФГОС ВО к результатам освоения ОПОП ВО по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Задачи:

- изучение технических требований, предъявляемых современным машиностроением к порошковым и композиционным материалам в различных эксплуатационных условиях;
- формирование представлений о прогрессивных способах производства порошковых и композиционных материалов для ответственных изделий машиностроения;
- ознакомление с фундаментальными закономерностями влияния закономерностей взаимодействия компонентов порошковых и композиционных материалов на изменение технологических, механических и эксплуатационных свойств изделий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технологии композиционных материалов в наноиндустрии» относится к вариативной части блока 1 и является обязательной при освоении ОПОП магистратуры по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	ОПК-1.1 Знает принципы построения и функционирования изделий из композиционных материалов в наноиндустрии ОПК-1.2 Умеет формулировать цели и задачи научных исследований в области изготовления композиционных материалов. ОПК-1.3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований;	Знает принципы физического моделирования формирования структуры композиционных материалов Умеет обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов наноиндустрии	Тестовые вопросы
ПК-1. Способен использовать на практике знания об основных ти-	ПК- 1.1. Знает основные типы металлических, неметаллических и компо-	Знает фундаментальные принципы классификации металлических, неметаллических и компо-	Тестовые вопросы

<p>пах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов</p>	<p>зиционных материалов различного назначения ПК- 1.2. Умеет использовать влияние фазового и структурного состояния на свойства материалов ПК- 1.3. Владеет способностью использовать на практике современные представления наук об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения</p>	<p>зиционных материалов различного назначения и практические направления их реализации. Умеет анализировать процессы и принимать решения на основе априорной информации о физико-химических закономерностях влияния фазового состава и структурного состояния порошковых и композиционных материалов на свойства изделий. Владеет навыками по применению основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения в практической деятельности.</p>	
<p>ПК-4. Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности.</p>	<p>ПК-4.1. Знает основное технологическое оборудование, назначение, принципы его работы и правила технической эксплуатации; технические требования, предъявляемые к оборудованию, конструктивные особенности ПК-4.2. Умеет использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, технические задания на проектно-конструкторские работы, разбираться в нормативно-технической документации ПК-4.3. Владеет способностью разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности</p>	<p>Знает особенности конструкции и области практического использования технологического оборудования для получения порошковых и композиционных материалов. Умеет обосновывать конкретные направления реализации технологических процессов получения порошковых и композиционных материалов в промышленности. Владеет методическими принципами разработки рекомендаций по составу, технологии производства и способам обработки порошковых и композиционных материалов.</p>	<p>Тестовые вопросы</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической под-		
1	Раздел 1. Процессы порошковой металлургии. Тема 1. Свойства порошков и методы их определения. Введение. Цель и задачи курса. Химический состав. Форма и размер частиц. Гранулометрический состав порошка. Удельная поверхность. Плотность. Микротвердость. Технологические свойства: насыпная плотность, текучесть порошка, пресуемость и формуемость.	2	1-2	2	-	4	4	14	
2	Раздел 1. Процессы порошковой металлургии. Тема 2. Методы получения порошков. Измельчение твердых металлов. Теория и практика размола в шаровых, вихревых, молотковых, планетарных мельницах, щековых и валковых дробилках. Измельчение ультразвуком. Распыление расплава. Грануляция. Получение металлических порошков методом восстановления химических соединений. Физико-химические основы восстановления. Получение порошков электролизом растворов и расплавов. Получение металлических порошков цементацией, автоклавным осаждением и методом межкристаллитной коррозии. Термическая диссоциация карбониллов. Метод конденсации металлов.	2	3-4	2	-	4	4	14	
3.	Раздел 1. Процессы порошковой металлургии. Тема 3. Процессы получения	2	5-6	2	-	4	4	14	Рейтинг-контроль №1

	<p>изделий из порошков. Процессы, происходящие при прессовании. Зависимость плотности брикета от давления прессования. Подготовка порошков к формованию. Классификация методов формования. Изостатическое формование. Непрерывное формование. Технология мундштучного прессования. Вибрационное формование. Высокоскоростные методы формования. Жидкофазное спекание. Горячее изостатическое прессование. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.</p>									
4.	<p>Раздел 2. Физико-химические основы технологии композиционных материалов. Тема 4. Общая характеристика композиционных материалов. Основные понятия и определения. Классификация композиционных материалов. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, слоистые композиты. Требования, предъявляемые к компонентам композиционных материалов.</p>	2	7-8	2	-	4	4	14		
5.	<p>Раздел 2. Физико-химические основы технологии композиционных материалов. Тема 5. Взаимодействие металлических расплавов с армирующими наполнителями. Проблема совместимости металлической матрицы и армирующего наполнителя. Поверхности раздела. Физико-химические процессы на межфазных границах. Смачивание и растекание жидких металлов по поверхности твердых материалов. Современные подходы к оценке процессов взаимодействия между компонентами композиционных сплавов. Подавление образования нежелательных фаз.</p>	2	9-10	2	-	4	4	14		
6.	<p>Раздел 2. Физико-химические основы технологии композиционных материалов. Тема 6. Формирование физико-механических и эксплуата-</p>	2	11-12	2	-	4	4	14	Рейтинг-контроль №2	

	<p>тационных свойств композиционных материалов. Влияние поверхности раздела на механические свойства композиционных материалов. Теории прочности и разрушение композитов. Расчет физико-механических характеристик композиционных материалов по свойствам исходных компонентов.</p>									
7.	<p>Раздел 3. Технологические процессы получения композиционных материалов. Тема 7. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Классификация дисперсно-упрочненных композитов. Основные принципы выбора армирующих частиц. Получение композитов методами порошковой металлургии. Жидкофазные методы экзогенного и эндогенного армирования. Метод механического замешивания частиц в расплав. Метод реакционного синтеза. Свойства и применение дисперсно-упрочненных композиционных материалов. Наноструктурированных композиционных материалы.</p>	2	13-14	2	-	4	4	14		
8.	<p>Раздел 3. Технологические процессы получения композиционных материалов. Тема 8. Волокнистые композиционные материалы. Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов. Технологические схемы получения композитов и применяемое оборудование. Самопроизвольная и принудительная пропитка каркасов из волокон. Метод непрерывного литья. Метод пластической деформации. Диффузионная сварка.</p>	2	15-16	2	-	4	4	14		
9.	<p>Раздел 3. Технологические процессы получения композиционных материалов. Тема 9. Слоистые композиционные материалы. Преимущества слоистых материалов и их свойства. Ани-</p>	2	17-18	2	-	4	4	14	Рейтинг-контроль №3	

зотропия свойств в слоистых композитах. Получение и применение слоистых композитов. Металлополимерные композиции. Алюмопестклопластики.									
Всего за второй семестр			18	-	36	-	126	Экзамен	
Наличие в дисциплине КП/КР				-					-

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел №1. Процессы порошковой металлургии.

Тема №1. Свойства порошков и методы их определения.

Введение. Цель и задачи курса. Химический состав. Форма и размер частиц. Гранулометрический состав порошка. Удельная поверхность. Плотность. Микротвердость. Технологические свойства: насыпная плотность, текучесть порошка, прессуемость и формуемость.

Тема №2. Методы получения порошков.

Измельчение твердых металлов. Теория и практика размол в шаровых, вихревых, молотковых, планетарных мельницах, щековых и валковых дробилках. Измельчение ультразвуком. Распыление расплава. Грануляция. Получение металлических порошков методом восстановления химических соединений. Физико-химические основы восстановления. Получение порошков электролизом растворов и расплавов. Получение металлических порошков цементацией, автоклавным осаждением и методом межкристаллитной коррозии. Термическая диссоциация карбониллов. Метод конденсации металлов.

Тема №3. Процессы получения изделий из порошков.

Процессы, происходящие при прессовании. Зависимость плотности брикета от давления прессования. Подготовка порошков к формованию. Классификация методов формования. Изостатическое формование. Непрерывное формование. Технология мундштучного прессования. Вибрационное формование. Высокоскоростные методы формования. Жидкофазное спекание. Горячее изостатическое прессование. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

Раздел №2. Физико-химические основы технологии композиционных материалов.

Тема №4. Общая характеристика композиционных материалов.

Основные понятия и определения. Классификация композиционных материалов. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, слоистые композиты. Требования, предъявляемые к компонентам композиционных материалов.

Тема №5. Взаимодействие металлических расплавов с армирующими наполнителями.

Проблема совместимости металлической матрицы и армирующего наполнителя. Поверхности раздела. Физико-химические процессы на межфазных границах. Смачивание и растекание жидких металлов по поверхности твердых материалов. Современные подходы к оценке процессов взаимодействия между компонентами композиционных сплавов. Подавление образования нежелательных фаз.

Тема №6. Формирование физико-механических и эксплуатационных свойств композиционных материалов.

Влияние поверхности раздела на механические свойства композиционных материалов. Теории прочности и разрушения композитов. Расчет физико-механических характеристик композиционных материалов по свойствам исходных компонентов.

Раздел №3. Технологические процессы получения композиционных материалов.

Тема №7. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.

Классификация дисперсно-упрочненных композитов. Основные принципы выбора армирующих частиц. Получение композитов методами порошковой металлургии. Жидкофазные ме-

тоды экзогенного и эндогенного армирования. Метод механического замешивания частиц в расплав. Метод реакционного синтеза. Свойства и применение дисперсно-упрочненных композиционных материалов. Наноструктурированные композиционные материалы.

Тема №8. Волокнистые композиционные материалы.

Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов. Технологические схемы получения композитов и применяемое оборудование. Самопроизвольная и принудительная пропитка каркасов из волокон. Метод непрерывного литья. Метод пластической деформации. Диффузионная сварка.

Тема №9. Слоистые композиционные материалы.

Преимущества слоистых материалов и их свойства. Анизотропия свойств в слоистых композитах. Получение и применение слоистых композитов. Металлополимерные композиции. Алюмокомпозиты.

Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине

Лабораторные работы

1. Изучение основных свойств металлических порошков
2. Исследование взаимодействия порошковых реагентов в условиях СВС-процесса.
3. Получение композиционных материалов методом механического замешивания
4. Получение композиционных материалов методом жидкофазного реакционного синтеза
5. Получение градиентных композиционных материалов методом центробежного литья
6. Изучение литейных свойств композиционных материалов

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости проводится в форме рейтинг-контроля. Предусмотрено проведение трех рейтинг-контролей. Ниже приведены контрольные вопросы для проведения текущего контроля успеваемости.

Рейтинг-контроль №1

1. Каковы методы определения гранулометрического состава порошков?
2. Что такое насыпная плотность и плотность утряски?
3. Что такое текучесть порошка?
4. Каковы основные методы определения формуемости порошка?
5. Каким образом текучесть зависит от характеристик порошка?
6. Взаимосвязь формы частиц с технологией их получения.
7. Какие факторы определяют эффективность помола материалов в шаровой мельнице?
8. Сущность метода центробежного распыления расплавов.
9. Основные методы получения порошков железа.
10. Карбонильный метод получения порошков.
11. Способы получения многокомпонентных порошков сплавов.
12. Основные схемы прессования порошковых заготовок.
13. Жидкофазное спекание порошков.
14. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
15. Основные виды брака при прессовании и спекании порошковых изделий.

Рейтинг-контроль №2

1. Общие принципы классификации композиционных материалов.
2. Какие требования предъявляются к компонентам композиционных материалов?
3. Что понимается под термодинамической совместимостью компонентов композиционных материалов?
4. Механическая совместимость компонентов композиционных материалов.

5. Смачивание армирующих компонентов матричным расплавом.
6. Физико-химические принципы выбора компонентов композиционных материалов.
7. Термодинамическая оценка взаимодействия компонентов композиционных материалов.
8. Кинетика межфазного взаимодействия в композиционных материалах.
9. Методы улучшения смачиваемости армирующих компонентов матричными расплавами.
10. Механизмы упрочнения различных классов композиционных материалов.
11. Расчет упругих характеристик композиционных материалов по свойствам компонентов.
12. Расчет физических свойств композиционных материалов по свойствам компонентов.
13. Расчет прочности композиционных материалов по свойствам компонентов.
14. Вязкость разрушения композиционных материалов.
15. Применение программного пакета MathCAD в расчетах композиционных материалов и конструкций.

Рейтинг-контроль № 3

1. В чем состоит назначение и какова область применения способа механического замешивания порошкообразных частиц в расплав?
 2. От каких факторов зависят свойства литых композиционных материалов, полученных путем механического замешивания?
 3. Как скорость вращения импеллера влияет на структуру и свойства получаемых композиционных материалов?
 4. Каковы основные этапы технологии получения композиционных материалов способом механического замешивания?
 5. Каковы преимущества и недостатки способа механического замешивания?
 6. Какие технологические приемы могут быть использованы для реализации жидкофазного реакционного синтеза?
 7. Как осуществляется выбор исходных компонентов для получения композиционных материалов методом жидкофазного реакционного синтеза?
 8. Какие факторы влияют на процессы структурообразования при получении композиционных материалов методом жидкофазного реакционного синтеза?
 9. Литейные свойства композиционных материалов.
 10. Технологические схемы получения волокнистых композиционных материалов.
 11. Получение армирующих волокон и нитевидных кристаллов.
 12. Непрерывное литье волокнистых композиционных материалов.
 13. Каковы основные методы получения наноструктурированных композиционных материалов?
 14. Получение слоистых металлополимерных композиционных материалов.
 15. Применение композиционных материалов в промышленности.
- 5.2. Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена. Ниже приведены контрольные вопросы.

Вопросы к экзамену

1. Методы получения металлических порошков.
2. Физические свойства порошков.
3. Технологические свойства порошков.
4. Взаимосвязь формы частиц с технологией их получения.
5. Подготовка порошков к формованию.
6. Закономерности уплотнения порошковых тел при прессовании.
7. Горячее прессование.
8. Жидкофазное спекание.
9. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
10. Основные виды брака при прессовании и спекании порошковых изделий.

11. Общие принципы классификации композиционных материалов.
12. Матричные материалы.
13. Роль матрицы и армирующей фазы в композиционных материалах.
14. Поверхностные явления на межфазных границах.
15. Стадии взаимодействия между компонентами композитов.
16. Смачивание и растекание жидких металлов по поверхности твердых материалов.
17. Методы расчета физико-механических свойств композиционных материалов.
18. Классификация методов получения композиционных материалов.
19. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.
20. Основные принципы выбора армирующих частиц.
21. Эвтектические композиционные материалы.
22. Наноструктурированные композиционные материалы.
23. Волокнистые композиционные материалы.
24. Нитевидные кристаллы и короткие волокна.
25. Получение волокнистых композиционных материалов методом пропитки.
26. Слоистые композиционные материалы.
27. Метод механического замешивания частиц в расплав.
28. Основные конструкции установок механического замешивания.
29. Жидкофазный реакционный синтез.
30. Металлополимерные композиционные материалы: получение, свойства и области применения.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение рекомендованной литературы, активное участие на практических занятиях, то есть используется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); написание реферата; подготовка к семинарам.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются: текущие консультации.

Ниже приводятся вопросы для самостоятельной подготовки к зачету и темы рефератов.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Процессы порошковой металлургии.

Составление реферативного конспекта и решение индивидуального расчетного задания по разделу №1 «Процессы порошковой металлургии».

Расчет и конструирование пресс-форм для производства порошковых изделий. Классификация пресс-форм. Материалы для изготовления пресс-форм. Способы прессования. Шероховатость поверхности и нормы точности пресс-форм. Типовые конструкции пресс-форм. Расчет пресс-формы по заданию преподавателя.

Раздел 2. Физико-химические основы технологии композиционных материалов.

Составление реферативного конспекта и решение индивидуального расчетного задания по разделу №2 «Физико-химические основы технологии композиционных материалов».

Вычисление термодинамических характеристик взаимодействия компонентов композиции с использованием пакета MathCAD.

Раздел 3. Технологические процессы получения композиционных материалов.

Составление реферативного конспекта и решение индивидуального расчетного задания по разделу №3 «Технологические процессы получения композиционных материалов». Разработка технологического процесса получения композиционного материала с заданными свойствами по заданию преподавателя.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. Технологические основы производства порошковых и композиционных материалов: лабораторный практикум / Е.С. Прусов, А.А. Панфилов. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2015. – 73 с. – ISBN 978-5-9984-0630-0.	2015	http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/4472
2. Металлические порошки. Изделия из металлических порошков : справочник / М. И. Алымов, Ю. В. Левинский, Е. В. Вершинина [и др.] ; под ред. д. т. н., проф. М. И. Алымова, проф. Ю. В. Левинского. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 560 с. - ISBN 978-5-9729-0736-6	2021	https://znanium.com/catalog/product/1833130
3. Костиков, В. И. Технология композиционных материалов : учебное пособие / В. И. Костиков, Ж. В. Еремеева. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 484 с. - ISBN 978-5-9729-0520-1.	2021	https://znanium.com/catalog/product/1833239
Дополнительная литература		
1. Капитонов А.М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства / А.М. Капитонов, В.Е. Редькин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 532 с. – ISBN 978-5-7638-2750-7. (ЭБС znanium.com)	2013	https://znanium.com/catalog/product/492077
2. Баурова, Н. И. Применение полимерных композиционных материалов в машиностроении : учебное пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 301 с. — ISBN 978-5-16-012938-9.	2021	https://znanium.com/catalog/product/1171045
3. Адашкин, А. М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебник : в 2 книгах. Книга 1. Строение материалов и технология их производства / А.М. Адашкин, А.Н. Красновский, Т.В. Тарасова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 250 с. – ISBN 978-5-16-016429-8	2021	https://znanium.com/catalog/product/1143245

6.2. Периодические издания

Научные журналы «Конструкции из композиционных материалов», «Материаловедение».

6.3. Интернет-ресурсы

- www.de.vlsu.ru:81/umk
- <http://www.emtc.ru>
- <http://www.compositesportal.com>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации образовательного процесса по дисциплине используются аудитории кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов», оснащенные мультимедийным и проекционным оборудованием.

Кафедра располагает компьютерным классом с современным лицензионным и свободным программным обеспечением (MS Excel, MathCAD, GNURegression, GNUPlot и др.), локальной вычислительной сетью и доступом в Интернет.

Практические и лабораторные работы проводятся в форме индивидуально-групповых занятий с использованием электронно-вычислительных средств обучения и современной экспериментально-исследовательской базы.

В распоряжении имеется весь спектр необходимого оборудования для получения порошковых и композиционных материалов различного состава (установки для получения композитов жидкофазными и твердофазными методами, кузнечно-прессовое оборудование, плавильные и термические печи), проведения рентгенофазового анализа (Bruker AXS D8 Advance), определения состава металлов и сплавов (ARL Advant'X), количественного металлографического анализа (Nikon Epiphot TME200), электронно-микроскопических исследований (Quanta 200 3D), изучения физико-механических и специальных свойств материалов.

Рабочую программу составил _____ доцент каф. ТФикМ Е.С. Прусов
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) _____ Ген. директор ООО «ВладИнТех» А.В. Осипов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой _____ С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии _____ С.М. Аракелян
(ФИО, должность, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____
