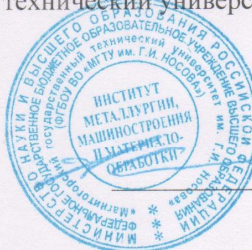




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Направление подготовки (специальность)
28.03.03 Наноматериалы

Направленность (профиль/специализация) программы
Объемные наноматериалы, наноструктуры и изделия из них

Уровень высшего образования - бакалавриат

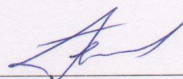
Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2021 год

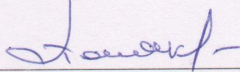
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 968)

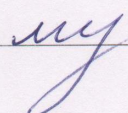
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий обработки материалов
19.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
профессор кафедры ТОМ, д-р техн. наук  М.А. Полякова

Рецензент:
зав. кафедрой ТСиСА, д-р техн. наук  И.Ю. Мезин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Б. Моллер

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Б. Моллер

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Б. Моллер

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Б. Моллер

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов нанотехнологов, понимающих физические и химические аспекты технологий получения нанопленок и нанопокровтий, дать современные знания о специальных нанопленках и нанопокровтиях, необходимые для решения металлургических и материаловедческих задач, совершенствования и создания новых конструкционных (в том числе нано-) материалов, физических основах явлений, происходящих на различных этапах процессов получения наноструктурных покровтий. Предметом изучения дисциплины являются технологические особенности методов получения нанопленок и нанопокровтий.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория и технология наноструктурных покровтий входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Конструирование наноматериалов

Компьютерное моделирование материалов и технологических процессов

Физические свойства материалов

Функциональные наноматериалы

Технология материалов

Механика материалов и основы конструирования

Процессы на поверхности раздела фаз

Общее материаловедение

Физикохимия наноструктур и наноматериалов

Физика

Общая и неорганическая химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Оптимизация технологических процессов и свойств материалов

Процессы и оборудование для получения наноматериалов

Курсовая научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Продвижение научной продукции

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория и технология наноструктурных покровтий» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен разрабатывать и интегрировать технологические процессы в области создания объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них
ПК-2.1	Осуществляет оптимальный выбор технологического оборудования для реализации процессов производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них
ПК-2.2	Реализовывает разработанные режимы технологических процессов производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них

ПК-2.3	Формулирует предложения по изменению конструктивных требований к эксплуатационным свойствам объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них в целях более эффективной реализации свойств материалов или технологических процессов их создания
--------	--

2.1 Структура и свойства наноструктурных покрытий. Особенности формирования нанокристаллических покрытий. Площадь поверхности и шероховатость.	7	2		2	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2.2 Механические свойства нанопокр \ddot{u} тий, износостойкость и коэффициент трения. Нанокристаллические покрытия с высокой твердостью.		4		2	1	Изучение научной и учебной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2.3 Износостойкие нанопокр \ddot{u} тия. Механизмы формирования свойств износостойких покрытий. Факторы, определяющие физико-механические свойства нанопокр \ddot{u} тий. Виды многослойных износостойких нанопокр \ddot{u} тий.		4		4/2И	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2.4 Электрические свойства нанопленок. Основные параметры резистивных пленок. Электропроводность в островковых металлических пленках.		2		4/2,4И	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2.5 Типы оптических покрытий и их характеристики. Основные свойства нанопленок и виды пленкообразующих материалов.		4		4/2И	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2.6 Нанопленки и нанопокр \ddot{u} тия со специальными свойствами. Тонкие магнитные пленки. Алмазоподобные и керамические нанопокр \ddot{u} тия. Жаропрочные покрытия углеродных материалов. Тонкие дисплеи.		6		2	1	Изучение специальной литературы. Подготовка к сдаче практических работ.	Сдача практических работ.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		22		18/6,4И	6			
3. Технологические процессы получения нанопленок и наноструктурных покрытий.								

3.1 Технологические процессы получения износостойких и сверхтвердых наноструктурных покрытий.	7	6		4/4И	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Собеседование. Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
3.2 Многослойные оптические покрытия: проектирование, материалы, особенности технологии получения.		4		4/2И	1	Изучение научной и учебной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
3.3 Золь-гель технология получения наноструктурных покрытий. Виды пленкообразующих растворов. Основные технологические операции. Особенности золь-гель технологии.		4		2/2И	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
3.4 Получение наноструктурных покрытий методом Ленгмюра-Блоджетт.		4		2	1	Изучение учебной и научной литературы. Подготовка к сдаче практической работы.	Сдача практической работы.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		18		12/8И	4			
Итого за семестр		54		36/14,4И	13,3		экзамен	
Итого по дисциплине		54		36/14,4И	13,3		экзамен	

5 Образовательные технологии

Цели, поставленные при изучении дисциплины, достигаются за счет комплексного подхода к обучению студентов, основанного на сочетании теоретического раздела, практических занятий и самостоятельной познавательной деятельности студентов. Изучение теоретического раздела проводится в специализированных лекционных аудиториях с использованием видеотехники, позволяющей транслировать через монитор рисунки, схемы, модели, которые в значительной степени облегчают понимание дисциплины.

На практических занятиях студенты приобретают навыки исследовательской деятельности и умения объяснять результаты эксперимента, основываясь на знаниях теоретической части дисциплины.

Индивидуальная самостоятельная познавательная деятельность студентов заключается в подборе литературы по разделам дисциплины и ее изучении. При этом предусмотрены индивидуальные и групповые консультации по изучаемым разделам курса.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны приобрести знания, умения и определенный опыт, необходимые для будущей практической деятельности.

Цели преподавания дисциплины заключаются в том, что студенты, завершившие изучение дисциплины, должны знать теоретические и технологические основы перспективных технологий получения наноструктурных покрытий, приобрести навыки выбора технологических режимов процессов получения наноструктурных покрытий.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Будилов, В. В. Физические методы нанесения нанопокровтий : учебное пособие для вузов / В. В. Будилов, В. С. Мухин, С. Р. Шехтман. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 196 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12050-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/446761> (дата обращения: 26.04.2021).

2. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 190 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451888> (дата обращения: 26.04.2021).

3. Капустин, В. И. Технология производства и контроль качества наноматериалов и наноструктур : учеб. пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 244 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5c359a09b32044.60767097. - ISBN 978-5-16-013806-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=339390>

б) Дополнительная литература:

1. Материаловедение и технология материалов в 2 т : учебник для академического бакалавриата / Г. П. Фетисов [и др.] ; под редакцией Г. П. Фетисова. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2016. — 774 с. —

(Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6608-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/389495> (дата обращения: 26.04.2021).

2. Барыбин, А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / А. А. Барыбин, В. А. Бахтина, В. И. Томилин, Н. П. Томилина. - Красноярск : СФУ, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=100685>

3. Сироткин, О. С. Основы современного материаловедения: Учебник/О.С.Сироткин - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 364 с.: (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009335-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=355276>

в) Методические указания:

1. Эмалирование металлических изделий: Метод. указ. / Полякова М.А., Чукин М.В. – Магнитогорск: МГТУ, 2008 – 9 с.

2. Напряженное состояние проволоки с покрытием при волочении: Метод. указ. / М.В. Чукин, М.П. Барышников, А.В. Анцупов. – Магнитогорск: МГТУ, 2002.

3. Критериальная оценка устойчивости процесса волочения проволоки с покрытиями: Метод. указ. / М.В. Чукин, М.П. Барышников, А.В. Анцупов. – Магнитогорск: МГТУ, 2004.

4. Непрерывные методы нанесения покрытий: Метод. указ. / М.А. Полякова – Магнитогорск: МГТУ, 2001.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
 - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
 - инструментами для ремонта учебного оборудования;
 - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Теория и технология наноструктурных покрытий» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает участие в собеседовании на заданную тему, подготовке обоснованных ответов на вопросы преподавателя и участие в устном опросе, разбор теоретических и практических вопросов создания наноструктурных покрытий.

Темы собеседований:

1. Аргументировано и обоснованно привести примеры преимуществ и недостатков наноструктурных покрытий.
2. Привести аргументы и обосновать свою точку зрения по теме «Применение наноструктурных покрытий».

Устный опрос:

Тема 1. Существующие подходы к классификации наноструктурных покрытий.

Тема 2. Особенности строения и свойств наноструктурных покрытий (привести примеры).

Тема 3. Особенности взаимодействий при формировании наноструктурных покрытий различными методами.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы, материалов интернет-ресурсов по соответствующей теме для выбора материала для участия в собеседованиях и устных опросах.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: Способен разрабатывать и интегрировать технологические процессы в области создания объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них		
ПК-2.1	Осуществляет оптимальный выбор технологического оборудования для реализации процессов производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них	<p><i>Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие и отличительные особенности тонкопленочного состояния вещества. Основные определения и понятия. 2. Классификация тонких пленок. Использование тонких пленок в различных отраслях техники. 3. Падение частиц на подложку, процессы при взаимодействии атомов, молекул и радикалов с поверхностью. Классификация процессов взаимодействия наночастиц с поверхностью. 4. Влияние условий на подложке на процесс зародышеобразования и роста пленок. 5. Механизмы роста пленок. Факторы, определяющие протекание механизма роста пленок. 6. Зарождение и рост тонких пленок. 7. Формирование молекулярного потока. 8. Зародышеобразование в тонких пленках. Нуклеация. 9. Рост зародышей и формирование сплошных пленок. Коалесценция островков. 10. Этапы формирования тонкой пленки. 11. Кинетика роста тонких пленок. 12. Структура и свойства наноструктурных пленок и покрытий. 13. Влияние температуры на свойства нанокристаллических покрытий. 14. Структурные дефекты в тонких пленках. 15. Особенности формирования нанокристаллических покрытий.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>16. Адгезия тонких пленок. Площадь поверхности и шероховатость.</p> <p>17. Механические свойства нанопокровтий, износостойкость и коэффициент трения.</p> <p>18. Нанокристаллические покрытия с высокой твердостью. Сверхтвердые наноструктурные покрытия.</p> <p>19. Износостойкие нанопокровтий. Механизмы формирования свойств износостойких покрытий.</p> <p>20. Факторы, определяющие физико-механические свойства нанопокровтий.</p> <p>21. Виды многослойных износостойких нанопокровтий.</p> <p>22. Электрические свойства нанопленок. Электропроводность сплошных пленок.</p> <p>23. Электрические свойства нанопленок. Электропроводность в островковых металлических пленках.</p> <p>24. Основные параметры резистивных пленок.</p> <p>25. Типы оптических покрытий и их характеристики. Основные свойства оптических нанопленок и виды пленкообразующих материалов.</p> <p>26. Многослойные оптические покрытия: проектирование, материалы, особенности технологии получения.</p> <p>27. Тонкие магнитные пленки.</p> <p>28. Алмазоподобные и керамические нанопленки.</p> <p>29. Тонкие дисплеи.</p> <p>30. Структура и свойства нанопленок, получаемых золь-гель методом. Особенности процессов формирования оксидных тонких пленок. Виды пленкообразующих растворов.</p>
ПК-2.2	Реализовывает разработанные режимы технологических процессов производства объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них	<p style="text-align: center;"><i>Перечень заданий для выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач в предметной области:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор наноструктурных покрытий для определенных условий эксплуатации (по заданию преподавателя). 2. Стандартизация в предметной области нанесения покрытий. 3. Выбор технологического процесса получения наноструктурных покрытий с

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>заданными свойствами.</p> <p>4. Выбор технологических режимов получения наноструктурных покрытий с заданными свойствами.</p>
ПК-2.3	<p>Формулирует предложения по изменению конструктивных требований к эксплуатационным свойствам объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них в целях более эффективной реализации свойств материалов или технологических процессов их создания</p>	<p><i>Примерный перечень заданий для подготовки к собеседованиям и устным опросам.</i></p> <p>1. Механические свойства нанопокровтий, износостойкость и коэффициент трения. Нанокристаллические покрытия с высокой твердостью.</p> <p>2. Износостойкие нанопокровтия. Механизмы формирования свойств износостойких покрытий. Факторы, определяющие физико-механические свойства нанопокровтий. Виды многослойных износостойких нанопокровтий.</p> <p>3. Электрические свойства нанопленок. Основные параметры резистивных пленок. Электропроводность в островковых металлических пленках.</p> <p>4. Типы оптических покрытий и их характеристики. Основные свойства нанопленок и виды пленкообразующих материалов.</p> <p>5. Нанопленки и нанопокровтия со специальными свойствами. Тонкие магнитные пленки. Алмазоподобные и керамические нанопокровтия. Жаропрочные покрытия углеродных материалов. Тонкие дисплеи.</p> <p>6. Структура и свойства нанопленок, получаемых золь-гель методом. Особенности процессов формирования оксидных тонких пленок.</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория и технология наноструктурных покрытий» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности компетенций, проводится в форме экзамена.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория и технология наноструктурных покрытий» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по представленным к экзамену вопросам.

Критерии аттестации экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень знаний, всестороннее, систематическое и глубокое понимание учебного материала, и/или свободно выполняет практические задания, свободно оперирует полученными знаниями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения.