



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки
22.03.02 Металлургия

Профиль программы
Обработка металлов и сплавов давлением (метизное производство)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения
Очная

Институт
Кафедра
Курс
Семестр

Металлургии, машиностроения и материалобработки
Технологии обработки материалов
3
5

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy, утвержденного приказом МОиН РФ от 04.12.2015 № 1427.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии обработки материалов 17 сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  / А.Б. Моллер /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалов обработки 2 октября 2018 г., протокол № 2.

Председатель  / Т.А.С. Савинов /

Рабочая программа составлена:

Профессор кафедры технологий обработки материалов,
д-р техн. наук, доцент

 / Т.М.А. Полякова /

Рецензент:

Доцент кафедры технологий, сертификации
и сервиса автомобилей, канд. техн. наук, доцент

 / Е.Г. Касаткина /

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Основы нанотехнологий» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия.

Основные цели преподавания дисциплины:

- дать знания по классификации, свойствам и технологиям, а также по использованию новых наноматериалов и нанотехнологий;
- привить навыки использования теоретических знаний при выборе требуемых для конкретного применения новых наноматериалов;
- подготовка к будущей научной и практической деятельности, связанной с внедрением и использованием наноматериалов и нанотехнологий.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Основы нанотехнологий» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

В дисциплине «Основы нанотехнологий» используется математический аппарат, законы и методы исследования физики, законы и методы исследования общей химии. Поэтому для ее успешного освоения обучающиеся должны владеть основами высшей математики, физики и химии, материаловедения в объемах часов, предусмотренных рабочим учебным планом.

Для успешного изучения курса дисциплины «Основы нанотехнологий» и их применение, помимо знаний элементарной физики, химии и математики, обучающий должен обладать следующими знаниями: - из курса общей физики иметь понятия о физике элементарных частиц, квантовой физике, электромагнетизме, полях напряжений; - из курса химии знать основные типы химических соединений, типы химических реакций и превращений, виды связи между элементами в зависимости от их положения в Периодической системе элементов, особенности каталитических реакций; - из курса материаловедения иметь понятия об особенностях строения и свойств веществ и материалов, структурах металлов и сплавов, сталях, их марках, свойствах сталей и химическом составе.

Для освоения дисциплины «Основы нанотехнологий» необходимы знания особенностей технологических процессов, которые обучающиеся изучают в ходе производственной практики - практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для подготовки к итоговой аттестации, а также для выполнения ВКР.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы нанотехнологий» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ПК-12: способностью осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды
Знать	– основные термины и понятия в области наноматериалов и наносистем; – определения процессов нанотехнологий;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<ul style="list-style-type: none"> – отличительные признаки нанотехнологий для получения наноматериалов различной мерности; – характерные особенности процессов получения наноматериалов различной мерности с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – принципы выбора технологических режимов процессов получения наноматериалов с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – технологические операции и технологические режимы процессов получения наноматериалов с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – основные и вспомогательные материалы и оборудование для получения наноматериалов
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – обсуждать современное состояние нанотехнологий; – определять основные тенденции развития нанотехнологий с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – приобретать знания в области процессов получения наноматериалов из различных источников научной информации; – использовать существующие источники научной информации для поиска решений при разработке элементов эффективных нанотехнологий; – решать задачи профессиональной деятельности при разработке процессов получения наноматериалов с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – профессиональным языком в области процессов получения наноматериалов; – практическими навыками разработки элементов нанотехнологий с использованием различных источников научной информации с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – методиками обобщения информации в области нанотехнологий; – основными методами решения задач разработки процессов получения наноматериалов различной мерности с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – возможностью использования междисциплинарных знаний для решения задач в области разработки процессов получения наноматериалов

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 34,95 акад. часов:
 - аудиторная – 34 акад. часов;
 - внеаудиторная – 0,95 акад. часов
- самостоятельная работа – 109,5 акад. часов

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1.1. Тема. Основные понятия и определения наноматериалов и нанотехнологий. Особенности наноструктурного состояния.	5	2		2/2И	16	Сравнение существующих точек зрения об уровне развития нанотехнологий. Подготовка к сдаче практической работы.	Собеседование. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУ
1.2. Тема. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах. Особенности свойств наноматериалов и наноструктур.	5	4		2/2И	16	Поиск научно-обоснованных утверждений об особенностях строения нанобъектов и проявления размерных эффектов. Подготовка к сдаче практической работы.	Собеседование. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУ
1.3. Тема. 0D-наноструктуры. Основные технологические особенности оборудование для получения.	5	2		2	10	Поиск дополнительной информации о перспективах применения 0D-наноструктур. Подготовка к сдаче практической работы.	Устный опрос. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУВ
1.4. Тема. 1D-наноструктуры. Основные технологические особенности оборудование для получения.	5	2		4	12	Поиск дополнительной информации о перспективах применения 1D-наноструктур. Подготовка к сдаче практической работы.	Устный опрос. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУВ
1.5. Тема. 2D-наноструктуры. Основные технологические особенности оборудование для получения.	5	2		2	20	Самостоятельное изучение научной литературы о существующих видах 2D-наноструктур. Подготовка к	Самоотчет. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУВ

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						сдаче практической работы.		
1.6. Тема. 3D-наноструктуры. Основные технологические особенности оборудования для получения.	5	2		2/2И	20	Поиск дополнительной информации о промышленных методах получения 3D-наноструктур. Подготовка к сдаче практической работы.	Устный опрос. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУВ
1.7. Тема. Экологические проблемы нанотехнологий.	5	3		3	15,05	Поиск информации об экологических аспектах нанотехнологий, влияния наноматериалов на окружающую среду, здоровье и безопасность человека.	Устный опрос. Сдача практической работы.	ПК-12: ЗУ
Итого по дисциплине	5	17		17/6И	109,05		Зачет	

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

5 Образовательные и информационные технологии

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинации следующих образовательных технологий.

Интегральную модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: модульно-рейтинговое обучение, технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления.

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий тактических процедур:

- лекции (лекция-информация, обзорная лекция, лекция-визуализации);
- практические (углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, решение задач);
- тренинговые (формирование определенных умений и навыков, формирование алгоритмического мышления);
- активизации познавательной деятельности (приемы технологии развития критического мышления через чтение и письмо, работа с литературой, подготовка презентаций);
- самоуправления (самостоятельная работа студентов, самостоятельное изучение материала).

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам, использование мультимедиа-средств при проведении лекционных и практических занятий.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Основы нанотехнологий» 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 практических вопросов создания нанотехнологий.

Темы собеседований:

1. Сравнить существующие точки зрения на тему «Нанотехнологии – закономерный этап развития техники и технологий».

2. Привести аргументы и обосновать свою точку зрения по теме «Специфические свойства наноматериалов: мифы и реальность».

Устный опрос:

Тема 1. Применение 0D-наноструктур в современной электронике.

Тема 2. Применение 1D-наноструктур для производства нанокomпозиционных материалов.

Тема 3. Перспективы внедрения методов нанотехнологий в промышленное производство.

Тема 4. Обеспечение экологической безопасности при разработке нанотехнологий и использовании наноматериалов и наноструктур.

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-12: способностью осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные термины и понятия в области наноматериалов и наносистем; – определения процессов нанотехнологий; – отличительные признаки нанотехнологий для получения наноматериалов различной мерности; 	<p>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</p> <p>1. Вещество, фаза, материал. Иерархическое строение материалов. Наноматериалы, термины и определения, классификация. Неорганические и органические функциональные наноматериалы. Гибридные (органонеорганические и неорганонеорганические) материалы.</p> <p>2. История возникновения нанотехнологий и наук о наносистемах. Междисциплинарность и мультидисциплинарность. Примеры нанообъектов и наносистем, их особенности и технологические приложения. Объекты и методы нанотехнологий.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – характерные особенности процессов получения наноматериалов различной мерности с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – принципы выбора технологических режимов процессов получения наноматериалов с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – технологические операции и технологические режимы процессов получения наноматериалов с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – основные и вспомогательные материалы и оборудование для получения наноматериалов 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Основные принципы формирования наносистем. Физические и химические методы. Процессы получения нанообъектов «сверху — вниз». 4. Процессы получения нанообъектов «снизу — вверх». 5. Квантовые точки, квантовые ямы. Принципы разработки технологий получения. 6. Кластеры. Методы получения кластеров. Технологические приемы и оборудование. 7. Технологии «сверху-вниз» получения наночастиц. Общая характеристика и специфические особенности методов. Оборудование для получения наночастиц методами «сверху-вниз». 8. Технологии «снизу вверх» получения наночастиц. Общая характеристика и специфические особенности методов. Оборудование для получения наночастиц методами «снизу-вверх». 9. Золь-гель метод: достоинства, недостатки. Применение золь-гель метода для получения наноматериалов. Технологические приемы и оборудование. 10. Технологии и оборудование для получения углеродных наноструктур. 11. Технологии и оборудование физических методов получения нанопленок. 12. Технологии и оборудование химических методов получения нанопленок. 13. Получение нанопленок методом Ленгмюра-Блоджетт. Технологические приемы и оборудование. 14. Поверхностное микролегирование. 15. Ионная имплантация. 16. Технологии получения нанокерамики. 17. Непрерывные методы интенсивной пластической деформации. 18. Методы интенсивной пластической деформации. Технологические приемы и оборудование. 19. Технологии самосборки. Процесс самосборки, полупроводниковые островковые структуры, монослои. 20. Самоорганизация как прием получения наноструктур. Технологические приемы и оборудование. 21. Технологические особенности и оборудование получения аморфных металлов. 22. Литография. Технологические приемы и оборудование. 23. Бионанотехнологии. 24. Супрамолекулярная организация молекул.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Молекулярное распознавание. Полимерные макромолекулы, методы их получения. Самоорганизация в полимерных системах. Супрамолекулярные полимеры.</p> <p>25. Физика наноустройств. Методы создания наноустройств. Механические и электромеханические микро и наноустройства. Сенсорные элементы микро- и нано-системной техники.</p> <p>26. Нанокпозиционные материалы, особенности структуры, свойства, методы получения.</p> <p>27. Нанопористые структуры, особенности структуры, свойства, методы получения.</p> <p>28. Перспективы применения нанотехнологий для создания материалов и структур с заданными свойствами.</p> <p>29. Экологические аспекты нанотехнологий.</p> <p>30. Обеспечение охраны окружающей среды и здоровья человека при разработке нанотехнологий, производстве и эксплуатации наноматериалов и наноструктур.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – обсуждать современное состояние нанотехнологий; – определять основные тенденции развития нанотехнологий с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – приобретать знания в области процессов получения наноматериалов из различных источников научной информации; – использовать существующие источники научной информации для поиска решений при разработке элементов эффективных нанотехнологий; – решать задачи профессиональной деятельности при разработке процессов получения наноматериалов с учетом эксплуатаци- 	<p>Практическая работа № 1. Определение особенностей структурного состояния наноматериалов различной мерности.</p> <p>Практическая работа №2. Методы изучения состава и свойств наноструктур и наноматериалов различной мерности</p> <p>Практическая работа №3. Технологические особенности получения 0D-наноструктур методом порошковой металлургии.</p> <p>Практическая работа №4. Технологические особенности применения 1D-наноструктур для модифицирования конструкционных материалов</p> <p>Практическая работа №5. Технологические основы формирования нанопленок и нанопокровов</p> <p>Практическая работа №6. Технологические основы получения металлов и сплавов с ультрамелкозернистой структурой методами обработки давлением</p> <p>Практическая работа № 7. Проблемы нанотехнологий. Охрана окружающей среды и здоровья человека при разработке нанотехнологий и использовании наноматериалов различной мерности.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	онных требований и охраны окружающей среды	
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – профессиональным языком в области процессов получения наноматериалов; – практическими навыками разработки элементов нанотехнологий с использованием различных источников научной информации с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – методиками обобщения информации в области нанотехнологий; – основными методами решения задач разработки процессов получения наноматериалов различной мерности с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды; – возможностью использования междисциплинарных знаний для решения задач в области разработки процессов получения наноматериалов 	<p>Примерный перечень заданий для подготовки к устным опросам и собеседованиям.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ действующих стандартов на термины и определения в области нанотехнологий и наноматериалов. 2. Поиск специальной научно-технической литературы, патентной информации, тематических Интернет-ресурсов, специализирующихся в области нанотехнологий и наноматериалов. 3. Изучение основных принципов конструирования технологий и их адаптация для разработки нанотехнологий с учетом мерности наноструктур и наноматериалов. 4. Установление междисциплинарных связей, необходимых для анализа и разработки элементов нанотехнологий для получения наноматериалов и наноструктур различной мерности. 5. Поиск научно-технической информации и анализ алгоритма выбора наноматериалов и наноструктур различной мерности для работы в определенных условиях эксплуатации. 6. Поиск научно-технической информации и анализ алгоритма выбора наноматериалов и наноструктур различной мерности для выбора технологии их получения. 7. Поиск научно-технической информации и анализ вредных и опасных факторов нанотехнологий, оказывающих влияние на окружающую среду и здоровье человека.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы нанотехнологий» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

на оценку «зачтено» студент должен показать высокий уровень знания материала по дисциплине не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных

ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

на оценку «не зачтено» студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации по дисциплине, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, умение критически оценивать свои личностные качества,

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Нанотехнология в машиностроении : учебник / Г.М. Волков. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 307 с. — (Высшее образование: Магистратура). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5cee6a340faa65.16403052. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/document?id=344076> (дата обращения: 25.09.2020)

2. 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. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/document?id=339390> (дата обращения: 25.09.2020)

3. Физикохимия керамических, композиционных и наноматериалов: Учебное пособие / Никифорова Э.М., Еромасов Р.Г., Шиманский А.Ф. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 156 с.: ISBN 978-5-7638-3577-9 - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/document?id=320945> (дата обращения: 25.09.2020)

б) Дополнительная литература

1. Функциональные материалы с эффектом памяти формы : учеб. пособие / М.Ю. Коллеров, Д.Е. Гусев, Г.В. Гуртовая [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 140 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znaniium.com>]. — (Высшее образование: Магистратура). — www.dx.doi.org/10.12737/18648. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/document?id=329893> (дата обращения: 25.09.2020)

2. Серенко, О. А. Измельчение как способ получения наноразмерных материалов [Электронный ресурс] : метод. пособие / О. А. Серенко, Л. М. Полухина. - Москва : РИО МГУДТ, 2013. - 33 с. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/document?id=293265> (дата обращения: 25.09.2020)

3. Нанокластеры: рентгеноспектральные исследования и компьютерное моделирование / В.Л. Мазалова, А.Н. Кравцова, А.В. Солдатов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 184 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9221-1457-8, 100 экз. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/document?id=219789> (дата обращения: 25.09.2020)

Периодические издания

1. Вопросы материаловедения <http://www.crim-prometey.ru/science/editions/>
2. Все материалы. Энциклопедический справочник <http://www.nait.ru/journals/index.php>
3. Деформация и разрушение материалов <http://www.nait.ru/journals/index.php>
4. Материаловедение <http://www.nait.ru/journals/index.php>
5. Ремонт, восстановление, модернизация <http://www.nait.ru/journals/index.php>
6. Технология металлов <http://www.nait.ru/journals/index.php>
7. Интенсификация технологических процессов: материалы, технологии, оборудование <http://www.nait.ru/journals/index.php>
8. Заводская лаборатория. Диагностика материалов <https://www.zldm.ru/jour>
9. Заготовительные производства в машиностроении https://www.mashin.ru/eshop/journals/zagotovitel_nye_proizvodstva_v_mashinostroenii/

10. Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия <https://powder.misis.ru/jour>
11. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия <https://fermet.misis.ru/jour>
12. Композиты и наноструктуры <http://www.issp.ac.ru/journal/composites/russian.html>
13. Конструкции из композиционных материалов http://www.i-vimi.ru/editions/detail.php?SECTION_ID=154
14. Металловедение и термическая обработка металлов <http://mitom.folium.ru/>
15. Металлургия машиностроения <http://www.foundrymag.ru/>
16. Металлы <http://www.imet.ac.ru/metally/>
17. Механика композиционных материалов и конструкций <http://mkmk.ras.ru/>
18. Нано- и микросистемная техника <http://www.microsystems.ru/>
19. Наноиндустрия <http://www.nanoindustry.su/>
20. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал http://nanobuild.ru/ru_RU/
21. Каталог журналов по нанотехнологиям https://elementy.ru/catalog/t11/Nanotekhnologii/g1/nauchnye_zhurnaly
22. Перспективные материалы <https://www.j-pm.ru/>
23. Российские нанотехнологии. <https://nanorf.elpub.ru/jour>
24. Сталь <http://www.imet.ru/STAL/>
25. Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации <https://chermetinfo.elpub.ru/jour>
26. Черные металлы <https://www.rudmet.ru/catalog/journals/5/>

в) Методические указания:

1. Технологические свойства металлических порошков: метод. указ. / Полякова М.А., Голубчик Э.М. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 11 с.
2. Кинематические параметры процесса деформирования некомпактных керамических масс: Метод. указ. / Чукин М.В., Барышников М.П., Бакаев Д.Р. – Магнитогорск: МГТУ, 2005. – 25 с.
3. Исследование уплотняемости металлических порошков: Метод. указ. / Гун Г.С., Ильина Н.Н., Полякова М.А / Магнитогорск: МГТУ, 2005. – 8 с.
4. Ситовый анализ: Метод. указ. / Рубин Г.Ш., Ильина Н.Н., Полякова М.А - Магнитогорск: МГТУ, 2007. – 12 с.
5. Плотность и пористость изделий из некомпактных материалов: Метод. указ. / Ильина Н.Н. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 5 с.
6. Исследование реологических свойств политетрафторэтилена: Метод. указ. / Гун Г.С., Чукин М.В., Барышников М.П., Анцупов А.В. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 14 с.
7. Эмалирование металлических изделий: Метод. указ. / Полякова М.А., Чукин М.В. – Магнитогорск: МГТУ, 2008 – 9 с.
8. Гальваническое цинкование стали: Метод. указ. / Мустафина В.Г. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 11 с.
9. Механизмы формирования мелкодисперсной структуры в процессах ОМД: Метод. указ. / Харитонов В.А., Ямашева Е.Ю. – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – 36 с.
10. Моделирование процесса равноканальной угловой протяжки с использованием программного комплекса DEFORM-3D: Метод. указ. / Чукин М.В., Барышников М.П., Полякова М.А., Емалеева Д.Г., Кузнецова А.С. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 20 с.
11. Моделирование процессов интенсивной пластической деформации с использованием программного комплекса DEFORM-3D: Метод. указ. / Чукин М.В., Барышников М.П., Полякова М.А., Емалеева Д.Г., Мохнаткин А.В. - Магнитогорск: ГОУ ВПО

«МГТУ», 2010. – 20 с.

12. Изучение устройства и принципов работы растрового электронного микроскопа: Метод. указ. / Копцева Н.В., Ефимова Ю.Ю., Полякова М.А. Барышников М.П. – Магнитогорск: МГТУ, 2011. – 6 с.

13. Сканирующая зондовая микроскопия: лабораторный практикум / Ефимова Ю.Ю., Полякова М.А., Гулин А.Е. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 34 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	Бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	Бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

1. Национальная информационно-аналитическая система –Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp.
2. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). – URL: <https://scholar.google.ru/>.
3. Информационная система – Единое окно доступа к информационным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru/>.
4. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <http://www.fips.ru/>.
5. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал. Участники ННС. URL:<http://www.portalnano.ru/read/iInfrastructure/russia/nns>
6. Сайт о нанотехнологиях #1 в России www.NanoNewsNet.ru
7. Сайт «Популярные нанотехнологии» www.popnano.ru
8. Нанотехнологии. Нанотехнологическое сообщество – Нанометр www.nanometer.ru
9. Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение) www.nanorf.ru
10. Сайт Российской корпорации нанотехнологий «Роснано» www.rusnano.com
11. Сайт «Нанотехнологии и наноматериалы в России: официальный сайт потребителей нанотоваров и наноуслуг» www.nanoware.ru
12. Федеральный интернет-портал "Нанотехнологии и наноматериалы" www.portalnano.ru

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для проведения практических занятий	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, те-	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Спе-

кущего контроля и промежуточной аттестации	специализированная мебель
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель