Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра металлургии черных металлов и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология наноматериалов

22.04.02 «Металлургия»
(направленность (профиль): «Металлургия»)

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
Очно-заочная форма

Срок обучения: 2 года 3 месяца

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: f751bff68056aa81d7a4109cd019dba418043418
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 17 мая 2024 г. по 10 августа 2025 г.
Дата и время: 04-04-2025 18:39:46 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– общетеоретическая подготовка обучающихся, способствующая освоению ими физико-химических основ и аппаратурного оформления технологии производства наноматериалов.

Задачами учебной дисциплины являются:

– сформировать у обучающихся представления о физико-химических основах процессов и принципах выбора технологического оборудования, используемых в технологии нанодисперсных порошков;

– развить у обучающихся навыки расчетов параметров изучаемых процессов и аппаратов.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 22.04.02 «Металлургия».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Дисциплина не подразумевает проведение входного контроля и рассчитана на обучающегося 1 курса, поступившего в университет в соответствии с Правилами приема в СибГИУ.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Компьютерные системы моделирования для решения технологических задач;

– Моделирование и оптимизация технологических процессов;

– Прикладная термодинамика и кинетика;

– Научно-исследовательская работа.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Техническое проектирование	ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую,	ОПК-2.2 Разрабатывает проектную и служебную документацию	– знать: проектную и служебную документацию. – уметь: разрабатывать проектную и служебную

	проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии		документацию.
		ОПК-2.3 Оформляет научные публикации, обзоры и рецензии	– знать: правила оформления научных публикаций, обзоров и рецензий. – уметь: оформлять научные публикации, обзоры и рецензии.
Исследование	ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях	ОПК-5.1 Оценивает результаты научно-технических разработок в отрасли металлургии и смежных областях	– знать: научно-технические разработки в технологии производства наноматериалов. – уметь: оценивать результаты научно-технических разработок в технологии производства наноматериалов.
		ОПК-5.2 Оценивает результаты научных исследований в отрасли металлургии и смежных областях	– знать: результаты научных исследований в технологии производства наноматериалов. – уметь: оценивать результаты научных исследований в технологии производства наноматериалов.
		ОПК-5.3 Обосновывает собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях	– знать: достижения в технологии производства наноматериалов. – уметь: обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в технологии производства наноматериалов.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия,

практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***2 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен, зачет с оценкой по КР*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***216***	*216*
	зачетных единиц	***6***	*6*
Лекции, *академ. час.*		***6***	*6*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***12***	*12*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***126***	*126*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Плазмометаллургические реакторы (Требования к плазмометаллургическим реакторам. Основные конструкции реакторов. Конструкция открытого и закрытого плазменного реактора. Особенности процессов массо- и теплообмена в плазмометаллургических реакторах. Реактор с параллельными и встречными плазменными струями. Реактор с кипящим слоем. Многоструйные реакторы. Тепловой баланс многоструйного реактора. Способы закалки продуктов синтеза. Плазмотехнологический модуль. Состав и запыленность отходящих газов. Токсические компоненты в технологических газах. Обезвреживание отходящих газов (монооксида углерода, циановодорода). Рециклинг газа-теплоносителя. Аппаратурно-технологическая схема экологически чистого варианта плазмометаллургического синтеза дисперсных порошков);

Раздел 2 Технология получения нанодисперсных порошков (Получение высокодисперсных порошков оксидов, карбидов, боридов и металлов в плазменных реакторах. Уникальность свойств нанодисперсных порошковых материалов. Закономерности

плазмометаллургических процессов синтеза. Технологические параметры процесса получения нанокарбида кремния. Факторы, влияющие на эффективность переработки кремнийсодержащего сырья. Влияние крупности частиц и массовой расходной концентрации сырья на содержание карбида кремния в готовом продукте. Основные реакции для расчета материального баланса синтеза карбида кремния. Определение количества и состава газовой фазы и продуктов синтеза).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Плазмометаллургические реакторы	3	
Раздел 2.	Технология получения нанодисперсных порошков	3	
Итого:		**6**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Расчет теплового баланса многоструйного плазмометаллургического реактора	6	
Раздел 2.	Расчет материальных балансов синтеза нанодисперсного порошка карбида кремния, нитрида кремния, вольфрама	6	
Итого:		**12**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы	Темы курсовых работ	Трудоемкость, *академ.час*

дисциплины	(проектов)	всего	в форме практической подготовки
Раздел 1; Раздел 2.	Проектирование электродугового плазмотрона и производство нанодисперсных порошков (вольфрама, кобальта, никеля и др.)	36	
Итого:		**36**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	60	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	66	
Курсовая работа	*Выполнение курсовой работы*	36	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	36	
Итого:		**198**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-2; ОПК-5	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 4. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 5. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-2; ОПК-5	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 4. Оценка участия в работе на

		лекционном занятии; 5. Тестовые задания
Курсовая работа.	ОПК-2; ОПК-5	1. Вопросы к защите курсовой работы
Экзамен.	ОПК-2; ОПК-5	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

Дисциплина «Технология наноматериалов», изучаемая в 1 семестре, не подразумевает проведение входного контроля и рассчитана на обучающегося 1 курса, поступившего в университет в соответствии с Правилами приема в СибГИУ.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; оценивание этапов выполнения курсовой работы; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию этапов выполнения курсовой работы

Курсовая работа – конечный продукт, получаемый в результате

планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских умений, умений практического и творческого мышления.

Оценивание этапов выполнения курсовой работы проводится в рамках текущей аттестации (три раза в семестр) в соответствии с графиком выполнения курсовой работы по учебной дисциплине. Результаты аттестации обучающихся по выполнению ими курсовой работы оцениваются руководителями в процентах от общего объема выполненной работы. Сроки выполнения курсовой работы устанавливаются кафедрой в графике выполнения курсовой работы. График выполнения курсовой работы выдается старостам групп в начале каждого семестра.

Критерии оценки % выполнения курсовой работы

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

Критерии оценки курсовой работы

Критерии оценки выполнения курсовой работы	Оценка
Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому.	отлично
Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объёме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %.	хорошо
Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %.	удовлетворительно
Задание не выполнено, цель работы не достигнута.	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» или на бумажном носителе в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.4 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов за одно лекционное

	занятие
Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций	0,5
Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе: - материал изложен последовательно, четко и аккуратно - в конспекте имеются изученные темы, основные термины, схемы	0,5
Всего	1

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

12.2.5 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с	1,25

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
инструментами и/или средствами вычислительной техники.	
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: курсовая работа; экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсовой работы; вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на защите курсовой работы

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к выполнению и защите курсовой работы: соблюдены требования к внешнему оформлению, последовательно изложен материал; при защите обучающийся демонстрирует умения применять теоретические знания основной и дополнительной литературы, может показать и объяснить применение технологических решений, использованных в курсовой работе; даны правильные ответы на вопросы, заданные в процессе защиты курсовой работы.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если основные требования к выполнению и защите курсовой работы выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в решениях, имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите курсовой работы даны неполные ответы.
удовлетворитель	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся,

Оценка	Требования к знаниям
но	если имеются существенные отступления от требований к выполнению и защите курсовой работы. В частности: задача решена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании и оформлении; при ответе на дополнительные вопросы на защите курсовой работы обучающийся показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении выбранных решений.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача решена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании и при оформлении или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты курсовой работы обучающийся обнаруживает существенное непонимание проблемы.

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсовой работы, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются отступления от задания на курсовую работу, то такая курсовая работа возвращается обучающемуся на доработку.

13.3 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Технология плазмометаллургического производства наноматериалов : учеб. пособие : В 2 т. / Г. В. Галевский, Т. В. Киселёва, О. А. Полях, В. В. Руднева. – Т. 1. Основы проектирования плазмометаллургических реакторов и процессов. – Москва : Флинта : Наука, 2008. – 228 с.;

2 Введение в нанотехнологию : учебник для вузов / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 457 с. : ил.;

3 Галевский, Г. В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / Г. В. Галевский, О. А. Полях, В. В. Руднева. - Т 1 :Микрокремнезем в производстве карбида кремния. – Москва : Флинта : Наука, 2007. – 248 с.;

4 Галевский, Г.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / Г. В. Галевский, О. А. Полях, В. В. Руднева. - Т 2 : Плазмометаллургическое производство карбида кремния для гальванотехники. – Москва : Флинта : Наука, 2007. – 188 с.;

5 Галевский, Г. В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / Г. В. Галевский, В. В. Руднева. - Т 3 : Плазмометаллургическое производство карбида кремния для конструкционной керамики. – Москва : Флинта : Наука, 2007. – 210 с.;

6 Ибрагимов, И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем : учебное пособие для вузов / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. – Санкт-Петербург : Лань, 2010. – 376 с. : ил.;

7 Давыдов, С. Ю. Элементарное введение в теорию наносистем : учебное пособие для вузов / С. Ю. Давыдов, А. А. Лебедев, О. В. Посредник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 191 с. : ил.;

8 Рогов, В. А. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 174 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20502-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/559157 (дата обращения: 04.04.2025);

9 Рогов, В. А. Компьютерное моделирование процессов нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 90 с. — (Высшее

образование). — ISBN 978-5-534-21019-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/559171 (дата обращения: 04.04.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;

– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– ProjectLibre;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную учебной доской, компьютерной техникой, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для выполнения курсовых работ;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 22.04.02 «Металлургия».

Составитель(и):

доцент Полях Ольга Анатольевна (кафедра металлургии черных металлов и химической технологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Начальник КХП АО ЕВРАЗ ЗСМК  Р.С. Ларин

Приложение

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Устный опрос на лекции

Раздел 1. Плазмометаллургические реакторы

1. Перечислите способы реализации плазмометаллургических процессов переработки дисперсного сырья.
2. Какие газы используются в качестве плазмообразующих?
3. Как осуществляется выбор плазмообразующей среды?
4. Перечислите требования к плазмометаллургическим реакторам.
5. Назовите типы плазмометаллургических реакторов.
6. Какой реактор называется многоструйным?
7. Охарактеризуйте теплообмен в плазменном реакторе.
8. Что представляет собой плазмотехнологический модуль?

Раздел 2. Технология получения нанодисперсных порошков

1. Назовите основные закономерности процесса плазмометаллургического синтеза наноматериалов.
2. Назовите основные параметры процесса получения нанокарбида кремния.
3. Перечислите факторы, влияющие на эффективность переработки кремнийсодержащего сырья в карбид.
4. Каким образом крупность частиц сырья влияет на содержание карбида кремния в готовом продукте?
5. Каково влияние массовой расходной концентрации на содержание карбида кремния в готовом продукте?
6. Каким образом концентрация водорода в газе-теплоносителе влияет на содержание карбида кремния в готовом продукте?
7. Перечислите основные реакции для расчета материального баланса плазмометаллургического синтеза карбида кремния.
8. Как определяется требуемое количество углеводородов для синтеза карбида кремния?
9. Как определяется требуемое количество плазмообразующего газа?
10. Назовите состав целевого продукта при производстве карбида кремния.
11. Назовите состав газовой фазы при производстве карбида кремния.
12. Назовите состав гарнисажа при производстве карбида кремния.
13. Назовите состав пыли газовой фазы при производстве карбида кремния.
14. Назовите показатели запыленности отходящих газов плазмометаллургического синтеза.

15. Назовите токсические компоненты в технологических газах плазмометаллургического синтеза.
16. Каким образом обезвреживается монооксида углерода в отходящих газах плазмометаллургического синтеза?
17. Каким образом обезвреживается циановодород в отходящих газах плазмометаллургического синтеза?
18. Опишите аппаратурно-технологическую схему экологически чистого варианта плазмометаллургического синтеза нанокарбида кремния.

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle» или на бумажном носителе.

Перечень вопросов для тестирования:

1 Какой размер частиц у наноматериалов?

а) 10^{-9}м,

б) 10^{-3}м,

в) 10^{-12}м,

г) 10^{-6}м.

2 Что такое нанотехнологии?

а) Нанотехнологии – это совокупность методов и приёмов (технологий), позволяющих создавать и модифицировать объекты, размер которых не превышает 100 нм.

б) Нанотехнологии – это совокупность методов и приёмов (технологий), позволяющих создавать и модифицировать объекты, размер которых не превышает 10 нм.

в) Нанотехнологии – это совокупность методов и приёмов (технологий), позволяющих создавать и модифицировать объекты, размер которых не превышает 1000 нм.

г) Нанотехнологии – это совокупность методов и приёмов (технологий), позволяющих создавать и модифицировать объекты, размер которых не превышает 1 нм.

3 Что такое наноматериал?

(укажите свой вариант ответа)

4 Что такое нанообъект?

(укажите свой вариант ответа)

5 Что такое наночастицы (нанопорошки)?

а) малоразмерные твердые вещества, геометрический размер которых изменяется от десятых долей до 100 нм,

б) малоразмерные твердые вещества, геометрический размер которых изменяется от десятых долей до 10 нм,

в) малоразмерные твердые вещества, геометрический размер которых изменяется от десятых долей до 1 нм,
г) малоразмерные твердые вещества, геометрический размер которых изменяется от десятых долей до 1000 нм,
6 Что такое кластеры?
(укажите свой вариант ответа)
7 При плазменном синтезе наноматериалов используется плазма с температурой
а) 4000–12000 К,
б) менее 4000 К,
в) более 10000 К,
г) 6000–10000 К,
8 Назовите основной параметр плазменного потока.
а) энтальпия,
б) энтропия,
в) температура,
г) компонентный состав.
9 При применении каких газов достигается максимальное значение КПД плазмотронов?
а) молекулярных,
б) одноатомных,
в) любых.
10 В каких пределах изменяется мощность плазмотронов ЭДП-104А?
а) 30-140 кВт,
б) 50-150 кВт,
в) 100-140 кВт.
11 Какие соединение используются в качестве гарнисажной футеровки канала плазменного реактора?
а) оксиды,
б) карбиды,
в) бориды,
г) нитриды.
12 Как изменяется температура стенки плазменного реактора при использовании футеровки?
а) повышается в 2-2,5 раза,
б) повышается в 1,5 раза,
в) уменьшается в 1,5 раза.
13 Как определяется среднемассовая температура плазменного потока?
а) по изменяющейся энтальпии газа,
б) по изменяющейся мощности плазмотронов,
в) по изменяющемуся расходу газа.
14 От каких параметров зависит тепловой КПД реактора?
а) от критерия Рейнольдса,
б) от параметрического критерия,
в) от критерия Нуссельта,

г) от коэффициента теплоотдачи.
15 От каких параметров зависит критерий Рейнольдса?
а) скорость потока,
б) диаметр реактора,
в) плотность плазмообразующего газа,
г) вязкость плазмообразующего газа,
д) температура плазмообразующего газа,
16 Как определяется полезная мощность реактора?
а) $P_{пол}=P_{реактора} \cdot \eta_{плазмотронов}$,
б) $P_{пол}=P_{реактора} \cdot \eta_{реактора}$,
в) $P_{пол}=3 \cdot P_{плазмотронов} \cdot \eta_{плазмотронов}$.
17 От каких параметров зависит теплосодержание плазмообразующего газа?
а) расход газа,
б) мощность реактора,
в) мощность плазмотронов,
г) диаметр реактора.
18 Что такое калибр плазменного реактора?
(укажите свой вариант ответа)
19 Назовите статьи прихода материального баланса плазменного синтеза нанопорошков?
(укажите свой вариант ответа)
20 Назовите статьи расхода материального баланса плазменного синтеза нанопорошков?
(укажите свой вариант ответа)
21 Состав газовой фазы при плазменном синтезе карбида кремния.
(укажите свой вариант ответа)
22 Какие оксиды образуются при плазменном синтезе карбида кремния из микрокремнезема?
а) диоксид кремния,
б) диоксид кальция,
в) диоксид магния,
г) диоксид алюминия,
д) оксид железа (III),
е) оксид марганца.
23 В каких пределах изменяется начальный КПД плазмотронов?
а) 0,45-0,65,
б) 0,25-0,45,
в) 0,5-1.
24 В каких пределах изменяется начальная скорость плазменного потока?
а) 30-60 м/с,
б) 20-50 м/с,
в) 50-80 м/с.
25 Как определяется объем газа при заданной начальной температуре?

а) произведение расхода газа и удельного веса газа при начальной температуре,
б) произведение расхода газа и удельного веса газа при нормальных условиях,
в) отношение расхода газа к удельному весу газа при начальной температуре.

4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1 Дайте определение нанотехнологий.
2 Назовите лидирующие области по освоению нанотехнологий.
3 Перечислите способы реализации плазмометаллургических процессов переработки дисперсного сырья.
4 Какие газы используются в качестве плазмообразующих?
5 Как осуществляется выбор плазмообразующей среды?
6 Перечислите требования к плазмометаллургическим реакторам.
7 Назовите типы плазмометаллургических реакторов.
8 Какой реактор называется многоструйным?
9 Охарактеризуйте теплообмен в плазменном реакторе.
10 Что представляет собой плазмотехнологический модуль?
11 Назовите основные закономерности процесса плазмометаллургического синтеза наноматериалов.
12 Назовите основные параметры процесса получения нанокарбида кремния.
13 Перечислите факторы, влияющие на эффективность переработки кремнийсодержащего сырья в карбид.
14 Каким образом крупность частиц сырья влияет на содержание карбида кремния в готовом продукте?
15 Каково влияние массовой расходной концентрации на содержание карбида кремния в готовом продукте?
16 Каким образом концентрация водорода в газе-теплоносителе влияет на содержание карбида кремния в готовом продукте?
17 Перечислите основные реакции для расчета материального баланса плазмометаллургического синтеза карбида кремния.
18 Как определяется требуемое количество углеводородов для синтеза карбида кремния?
19 Как определяется требуемое количество плазмообразующего газа?
20 Назовите состав целевого продукта при производстве карбида кремния.
21 Назовите состав газовой фазы при производстве карбида кремния.
22 Назовите состав гарнисажа при производстве карбида кремния.

23 Назовите состав пыли газовой фазы при производстве карбида кремния.
24 Назовите показатели запыленности отходящих газов плазмометаллургического синтеза.
25 Назовите токсические компоненты в технологических газах плазмометаллургического синтеза.
26 Каким образом обезвреживается монооксида углерода в отходящих газах плазмометаллургического синтеза?
27 Каким образом обезвреживается циановодород в отходящих газах плазмометаллургического синтеза?
28 Опишите аппаратурно-технологическую схему экологически чистого варианта плазмометаллургического синтеза нанокарбида кремния.

6 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

Задача 1. Для плазмотрона ЭДП – 104 А определить среднемассовую температуру на выходе из анода. Условия работы плазмотрона: мощность дугового разряда Р = 40 кВт, тепловой КПД η = 0,65, расход плазмообразующего газа (азота) $G_{N_2} = 2{,}8$ г /с.

Задача 2. Определить режим течения истекающей из анода плазмотрона ЭДП – 104 А плазменной струи. Условия работы плазмотрона: диаметр анода $6 \cdot 10^{-3}$ м, массовый расход азота $3{,}5 \cdot 10^{-3}$ кг/с температура плазменной струи на выходе из анода 5400 К.

$$\rho_{N_2}^{5400} = 0{,}060 \text{ кг/м}^3;\ \mu_{N_2}^{5400} = 1{,}47 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2.$$

Задача 3. Рассчитать ресурс работы, т.е. продолжительность непрерывной работы медного анода плазмотрона ЭДП – 104 А, работающего на газе – азоте технической чистоты с содержанием кислорода 1,2 %. Рабочий ток 210 А. Принять, что объем медного анода, удаленного в результате эрозии, составляет – $1{,}5 \cdot 10^{-6}$м^3, удельная эрозия анода – $0{,}6 \cdot 10^{-11}$ кг/ Кл, плотность меди – $8{,}9 \cdot 10^3$ кг/м^3.

Задача 4. Для условий задачи 3 определить, как изменится ресурс работы анода, если в плазмообразующей газ – азот технической чистоты с содержанием кислорода 1,2 %, ввести углеводород, например, метан, в количестве, необходимом для связывания кислорода в СО. Для этих условий объем медного анода, удаленного в результате эрозии, составляет $0{,}3 \cdot 10^{-6}$м^3, удельная эрозия анода – $0{,}2 \cdot 10^{-11}$ кг/Кл, плотность меди – $8{,}9 \cdot 10^3$ кг /м^3.

Задача 5. Рассчитать ресурс работы, т.е. продолжительность непрерывной работы вольфрамового катода плазмотрона ЭДП – 104 А, работающего на газе – азоте технической чистоты с содержанием кислорода 1,2 %. Рабочий ток (I) 210 А. Принять, что объем материала катода ($V_К$), удаленного в результате эрозии, составляет $0{,}42 \cdot 10^{-3}$м^3,

удельная эрозия ($G_к$) – 2,2 · 10^{-12}кг/Кл, плотность вольфрама ($\rho_к$) – 19,34 · 10^3 кг/м^3.

7 Выполнение курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

8 Вопросы к защите курсовой работы

1 Цель и задачи курсовой работы.

2 Плазменный реактор для получения наноматериала: особенности конструкции и принцип работы.

3 Конструкция плазмотронов.

4 Газ-теплоноситель, обоснование выбора.

5 Дозатор для подачи порошкообразного сырья.

6 Виды плазменных реакторов.

7 Требования к сырьевым материалам для производства наноматериалов.

8 Основные свойства наноматериалов.

9 Требования к плазменным реакторам.

10 Материалы, используемые в качестве футеровок в плазменном реакторе.