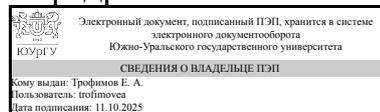


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



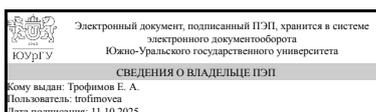
Е. А. Трофимов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М1.13.01 Цифровые двойники в производстве цветных металлов
для направления 22.04.02 Metallургия
уровень Магистратура
магистерская программа Проектирование и производство химических источников
тока
форма обучения очная
кафедра-разработчик Материаловедение и физико-химия материалов**

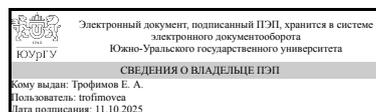
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия, утверждённым приказом Минобрнауки от 24.04.2018 № 308

Зав.кафедрой разработчика,
Д.ХИМ.Н., доц.



Е. А. Трофимов

Разработчик программы,
Д.ХИМ.Н., доц., профессор



Е. А. Трофимов

1. Цели и задачи дисциплины

Закрепление, обобщение и углубление знаний по учебным дисциплинам профессиональной подготовки, овладение методами научных исследований, формирование навыков решения творческих задач в ходе научных исследований, а также профессиональных компетенций. Формирование необходимого уровня подготовки для углублённого понимания и использования основных разделов физической химии. Задачи дисциплины: 1. Научить использовать законы и модели термодинамики и химической кинетики в рамках создания цифровых двойников в производстве цветных металлов. 2. Освоить навыки оптимизации технологических процессов цветной металлургии. 3. Усовершенствовать навыки работы со специальной физико-химической литературой и современным программным обеспечением.

Краткое содержание дисциплины

Изучение дисциплины направлено на освоение и использование в практике закономерностей фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах с участием цветных металлов при оптимизации технологических процессов цветной металлургии.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению Имеет практический опыт: разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов
ПК-2 Способен управлять современными технологическими процессами получения цветных металлов и анализировать и совершенствовать процессы производства цветных металлов	Знает: как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования используя цифровые технологии Умеет: осуществлять сбор и изучение научно-технической информации по теме цифровых двойников в производстве цветных металлов Имеет практический опыт: разработки отдельных блоков цифровых двойников в производстве цветных металлов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Искусственные нейронные сети, Моделирование электрохимических процессов, Теория и технология производства цветных металлов и сплавов, Методология и методы научного исследования, Философские проблемы науки и техники, Сбор, анализ и формирование наборов данных для моделей машинного обучения в металлургии, Технологическое оборудование производства цветных металлов, Искусственный интеллект и машинное обучение, Основы программирования на языке Python, Проектирование и расчет химических источников тока, Учебная практика (научно-исследовательская, получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (1 семестр), Учебная практика (научно-исследовательская, получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (2 семестр)</p>	<p>Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр), Производственная практика (преддипломная) (4 семестр)</p>

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Основы программирования на языке Python	<p>Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению Имеет практический опыт: разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>
Технологическое оборудование производства цветных металлов	<p>Знает: назначение, устройство, принцип действия и особенности эксплуатации технологического оборудования пирометаллургических производств цветных металлов Умеет: рассчитывать и подбирать типовое оборудование по заданным параметрам технологического процесса Имеет практический опыт: выполнения необходимых типовых расчетов в производстве цветных металлов</p>
Проектирование и расчет химических источников тока	<p>Знает: устройство, научные и технологические основы проектирования и расчета химических источников тока Умеет: планировать и организовывать последовательность работ при</p>

	<p>разработке и изготовлении химических источников тока Имеет практический опыт: проектирования и изготовления образцов химических источников тока в лабораторных условиях</p>
<p>Сбор, анализ и формирование наборов данных для моделей машинного обучения в металлургии</p>	<p>Знает: разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов, как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними Умеет: формулировать цель, задачи, обоснованную актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения , критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению Имеет практический опыт: разработки плана реализации проекта с учетом возможных рисков реализации и возможностей их устранения, планировать необходимые ресурсы, построения сценариев реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения</p>
<p>Философские проблемы науки и техники</p>	<p>Знает: как определять образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки, ориентироваться в межкультурных коммуникациях на основе анализа смысловых связей современной поликультуры и полиязычия, как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявлять ее составляющие и связи между ними Умеет: выбрать и реализовать с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков, владения навыками толерантного поведения при выполнении профессиональных задач, критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектировать процессы по их устранению Имеет практический опыт: выстраивать гибкую профессиональную траекторию с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития, разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и</p>

	<p>междисциплинарного подходов; строить сценарии реализации стратегии, определять возможные риски и предлагать пути их устранения</p>
<p>Методология и методы научного исследования</p>	<p>Знает: как определять образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки, методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации, как разрабатывать все виды научно-технической, конструкторской, проектной и технологической документации, необходимой для функционирования производственных процессов в области металлургии и металлообработки Умеет: выбрать и реализовать с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков, разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации, составлять и оформлять научно-технические отчеты, выполнять требования нормоконтроля по результатам производственной и исследовательской деятельности Имеет практический опыт: выстраивать гибкую профессиональную траекторию с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития, постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий, выполнять обзоры научно-технической информации различных категорий, подготавливать публикации и рецензии по тематике профессиональной деятельности в области металлургии и металлообработки .</p>
<p>Теория и технология производства цветных металлов и сплавов</p>	<p>Знает: основные физические и химические процессы в производстве цветных металлов Умеет: рассчитывать материальный и тепловой балансы процессов в производстве цветных металлов Имеет практический опыт: выполнения необходимых типовых расчетов в производстве цветных металлов</p>
<p>Искусственные нейронные сети</p>	<p>Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению Имеет практический опыт: разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>

Искусственный интеллект и машинное обучение	<p>Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению Имеет практический опыт: разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>
Моделирование электрохимических процессов	<p>Знает: основы математического и физического моделирования электрохимических процессов Умеет: обрабатывать и анализировать результаты математического и физического моделирования электрохимических процессов Имеет практический опыт: организации и реализации математического и физического моделирования электрохимических процессов</p>
Учебная практика (научно-исследовательская, получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (1 семестр)	<p>Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними, основы организации научно-исследовательской деятельности Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению, планировать этапы научно-исследовательской деятельности Имеет практический опыт: построения сценариев реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения, реализации аналитического обзора литературных данных по теме научно-исследовательской деятельности</p>
Учебная практика (научно-исследовательская, получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (2 семестр)	<p>Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними, основы организации научно-исследовательской деятельности Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению, планировать этапы научно-исследовательской деятельности и подбирать соответствующие методы научно-исследовательской деятельности Имеет практический опыт: построения сценариев реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения, выполнения научно-исследовательской деятельности по разработанному плану</p>

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 40,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	0	0	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	103,5	103,5	
Подготовка к дифференцированному зачету.	10,5	10,5	
Подготовка к практическим занятиям; проработка рекомендованной литературы.	27	27	
Освоение тем, рекомендованных для самостоятельного изучения.	38	38	
Подготовка к практическим занятиям; проработка рекомендованной литературы; освоение тем, рекомендованных для самостоятельного изучения.	28	28	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Теоретические основы моделирования процессов цветной металлургии	8	0	8	0
2	Анализ металлургических процессов и процессов эксплуатации металлических материалов	8	0	8	0
3	Совершенствование процессов создания и эксплуатации цветных металлов	8	0	8	0
4	Цифровые двойники	8	0	8	0

5.1. Лекции

Не предусмотрены

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Понятие базы данных. Структура базы данных	4

2	1	Программное обеспечение для моделирования технологических процессов цветной металлургии	4
3	2	Фазовые диаграммы металлических систем	4
4	2	Термодинамическое моделирование многокомпонентных металлургических систем	4
5	3	Совершенствование методик производства цветных металлов	4
6	3	Совершенствование условий эксплуатации цветных металлов	4
7	4	Основы создания цифровых двойников	4
8	4	Цифровые дневники цветной металлургии	4

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к дифференцированному зачету.	Основная литература [1] с. 28-395, [3] с. 29-186.	3	10,5
Подготовка к практическим занятиям; проработка рекомендованной литературы.	Основная литература [1] с. 64-426, [2] с. 41-179.	3	27
Освоение тем, рекомендованных для самостоятельного изучения.	Основная литература [1] с. 67-342, [3] с. 29-95.	3	38
Подготовка к практическим занятиям; проработка рекомендованной литературы; освоение тем, рекомендованных для самостоятельного изучения.	Основная литература [1] с. 25-224, [2] с. 56-172.	3	28

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 1	1	15	Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме). При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-	дифференцированный зачет

						рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09). Количество вопросов по разделу в тесте - 10, время на ответ 10 минут. Критерии оценивания тестирования: правильный ответ на заданный вопрос - 1 балл; неправильный ответ на заданный вопрос - 0 баллов.	
2	3	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 2	1	15	Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме). При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09). Количество вопросов по разделу в тесте - 10, время на ответ 10 минут. Критерии оценивания тестирования: правильный ответ на заданный вопрос - 1 балл; неправильный ответ на заданный вопрос - 0 баллов.	дифференцированный зачет
3	3	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 3	1	15	Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме). При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена	дифференцированный зачет

						<p>приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09).</p> <p>Количество вопросов по разделу в тесте - 10, время на ответ 10 минут.</p> <p>Критерии оценивания тестирования: правильный ответ на заданный вопрос - 1 балл; неправильный ответ на заданный вопрос - 0 баллов.</p>	
4	3	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 4	1	15	<p>Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме).</p> <p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09).</p> <p>Количество вопросов по разделу в тесте - 10, время на ответ 10 минут.</p> <p>Критерии оценивания тестирования: правильный ответ на заданный вопрос - 1 балл; неправильный ответ на заданный вопрос - 0 баллов.</p>	дифференцированный зачет
5	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	<p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09).</p> <p>Проводится письменно. В билете одна задача и два вопроса.</p> <p>Порядок начисления баллов:</p>	дифференцированный зачет

					<p>40-36 баллов: Безупречное решение задачи и полные правильные ответы на оба вопроса.</p> <p>35-26 баллов: Решение задачи с небольшими неточностями и правильные, но с неточностями, ответы на два вопроса.</p> <p>25-16 баллов: Решение задачи с серьёзными неточностями и правильный ответ на один вопрос.</p> <p>15-0 баллов: Отсутствие решения задачи и/или неправильные ответы на все вопросы.</p> <p>Прохождение промежуточной аттестации (тестирования на зачёте) не обязательно, если при текущем контроле набрано 60 или более %.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	<p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09).</p> <p>Дифференцированный зачет выставляется на основании рейтинга текущего контроля. Процедура зачета в соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения. Проводится письменно. В билете одна задача и два вопроса. Порядок начисления баллов: 40-36 баллов: Безупречное решение задачи и полные правильные ответы на оба вопроса. 35-26 баллов: Решение задачи с небольшими неточностями и правильные, но с неточностями, ответы на два вопроса. 25-16 баллов: Решение задачи с серьёзными неточностями и правильный ответ на один вопрос. 15-0 баллов: Отсутствие решения задачи и/или неправильные ответы на все вопросы. Прохождение промежуточной аттестации не обязательно, если при текущем контроле набрано 60 или более %. Прохождение промежуточной аттестации (тестирования на зачёте) не обязательно, если при текущем контроле набрано 60 или более %.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5

УК-1	Знает: как анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя её составляющие и связи между ними	+	+	+	+	+	+
УК-1	Умеет: критически оценивать надежность источников информации, работать с противоречивой информацией из разных источников, определять пробелы в информации, необходимой для решения проблемы и проектировать процессы по их устранению	+	+	+	+	+	+
УК-1	Имеет практический опыт: разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Знает: как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования используя цифровые технологии	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: осуществлять сбор и изучение научно-технической информации по теме цифровых двойников в производстве цветных металлов	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: разработки отдельных блоков цифровых двойников в производстве цветных металлов	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Физическая химия [Текст] сб. упражнений и задач по направлению 150400 "Металлургия" В. И. Антоненко и др.; под ред. Г. Г. Михайлова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. физ. химии ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 444, [1] с. ил. электрон. версия
2. Захаров, А. М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем Учеб. пособие для металлург. и машиностроит. спец. вузов А. М. Захаров. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgia, 1990. - 240 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Геллер, Ю. А. Материаловедение Учеб. пособие для вузов Под ред. А. Г. Рахштадта. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgia, 1989. - 456 с. ил.
2. Диаграммы состояния двойных металлических систем [Текст] Т. 1 справочник : в 3 т. под общ. ред. Н. П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 1996. - 991 с. граф.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем [Текст] Т. 2 справочник : в 3 т. под общ. ред. Н. П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 1997. - 1023 с.
4. Диаграммы состояния двойных металлических систем [Текст] Т. 3, кн. 1 справочник : в 3 т. под общ. ред. Н. П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 2001. - 872 с. ил.
5. Диаграммы состояния двойных металлических систем [Текст] Т. 3, кн. 2 справочник : в 3 т. под общ. ред. Н. П. Лякишева; Рос. акад. наук, Ин-т металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова. - М.: Машиностроение, 2001. - 448 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Сергеев, Ю.Г. Материаловедение. Задачи по диаграммам равновесия двух- и трехкомпонентных систем : учебное пособие / Ю.Г. Сергеев, Е.И. Масликова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2017. — 63 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Сергеев, Ю.Г. Материаловедение. Задачи по диаграммам равновесия двух- и трехкомпонентных систем : учебное пособие / Ю.Г. Сергеев, Е.И. Масликова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2017. — 63 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	314 (1)	Программный комплекс FactSage, установленный на ПК, подключённом к проектору.