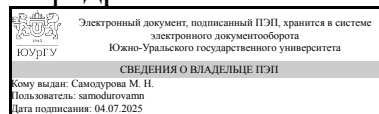


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



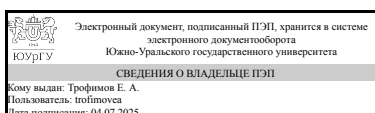
М. Н. Самодурова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М2.05 Физико-химические основы аддитивного производства
для направления 15.04.01 Машиностроение
уровень Магистратура
магистерская программа Аддитивные технологии
форма обучения очная
кафедра-разработчик Материаловедение и физико-химия материалов**

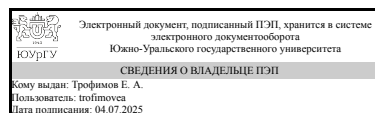
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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

Цель – дать студенту представление о физико-химических основах аддитивного производства. Задачи – получение базовых теоретических знаний в области физических и химических процессов, протекающих при изготовлении изделий методами аддитивных технологий для использования их в практической профессиональной деятельности; определять и делать выбор оптимального способа аддитивных технологий для изделий металлургического назначения; уметь прогнозировать результаты технологических циклов, влияющих на качество изготавливаемой продукции.

Краткое содержание дисциплины

Основы химической термодинамики. Химическое и фазовое равновесия. Способы влияния на равновесие в системах. Фазовые превращения при нагреве и кристаллизации. Кинетика химических реакций. Кинетика гетерогенных процессов. Физические и химические процессы, протекающие при воздействии лазерного излучения на материалы. Процессы, протекающие при напылении порошков на подложку.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Знает: закономерности изменения физико-химических свойств; методы определения физико-химических свойств материалов и сварных соединений, единичные и комплексные показатели надежности готовых изделий, а также основные виды, причины и закономерности их отказов Умеет: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-химических свойств продукции; разрабатывать программы испытаний, выбирать критерии и методы оценки показателей физико-химических свойств и надежности сварных изделий Имеет практический опыт: методик расчетной-экспериментальной оценки показателей надежности и физико-химических свойства сварных изделий; методики введения и редактирования свойства материалов при компьютерном моделировании; по определению физико-химических свойств материалов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Технология селективного лазерного сплавления, Управление проектами,

	Технология 3D-печати, Технология газотермического напыления, Технология лазерной наплавки, Технология детонационного напыления, Оборудование аддитивного производства, Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр)
--	---

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

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 62,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		1
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	153,5	153,5
Подготовка к экзамену	18	18
Решение задач по разделу 5	15,5	15,5
Подготовка к экспресс-контролю по разделу 2	12	12
Решение задач по разделу 3	18	18
Подготовка контрольной работы по теоретической части раздела 5	15	15
Решение задач по разделу 2	18	18
Решение задач по разделу 4	18	18
Подготовка контрольной работы по теоретической части раздела 6	15	15
Подготовка к экспресс-контролю по разделу 3.	12	12
Подготовка к экспресс-контролю по разделу 4.	12	12
Консультации и промежуточная аттестация	14,5	14,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР

1	Введение	2	2	0	0
2	Основы химической термодинамики	14	8	6	0
3	Химическое и фазовое равновесие	14	8	6	0
4	Кинетика химических реакций	6	4	2	0
5	Лазерные аддитивные технологии	8	6	2	0
6	Технологии напыления покрытий	4	4	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Понятие об аддитивных технологиях. Классификация аддитивных технологий. Аддитивные технологии как объект применения лазерных и газотермических процессов.	2
2	2	Основные понятия химической термодинамики. Термодинамическая система. Состояние системы. Параметры состояния системы. Функции состояния. Сравнение состояния идеального газа. Первое начало термодинамики	2
3	2	Термохимия. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Определение теплового эффекта химической реакции по табличным данным. Косвенное определение теплового эффекта химической реакции.	2
4	2	Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа. Расчет изменения теплоемкости системы при протекании реакции	2
5	2	Второй и третий законы термодинамики. Энтропия. Термодинамические потенциалы. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы. Стандартные значения потенциалов. Химический потенциал. Направление протекания самопроизвольных процессов	2
6	3	Химическое равновесие. Константа равновесия. Вычисление константы равновесия по величине стандартного изменения изобарно-изотермического и изохорно-изотермического потенциалов. Расчет равновесного состава системы	2
7	3	Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Смещение равновесия. Принцип Ле Шателье. Понятие о поверхностной энергии. Диффузия в металлах.	2
8	3	Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Правило фаз Гиббса. Расчет температурной зависимости давления насыщенного пара.	2
9	3	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Диаграмма состояния. Линии, фазы и структуры. Кривые охлаждения сплавов. Количественные расчеты по диаграмме состояния. Правило "рычага" (правило отрезков). Особенности кристаллизации в неравновесных условиях.	2
10	4	Кинетика химических реакций. Гомогенные реакции. Закон действующих масс. Молекулярность и порядок химической реакции. Кинетическое уравнение и кинетическая кривая химической реакции. Константа скорости химической реакции. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса. Энергия активации химической реакции.	2
11	4	Скорость гетерогенной химической реакции. Лимитирующая стадия гетерогенного процесса. Кинетические стадии и стадии массопереноса. Внешний и внутренний массоперенос. Зависимость скорости гетерогенного процесса от условий его проведения.	2
12	5	Лазерные технологии обработки материалов. Физические процессы,	2

		протекающие при обработке лучом лазера различных материалов. Тепловая модель взаимодействия лазерного излучения с материалами. Процессы передачи энергии лазерного излучения веществу. Приближенные оценки температуры нагрева. Диаграмма режимов лазерной обработки металлов и критические потоки.	
13	5	Простейшая модель нагрева металлов при низких и высоких плотностях потоков лазерного излучения. Модель нагрева и разрушения металлов при неподвижном и движущемся источнике теплоты. Характерные зоны разогрева материала и распределение энергии. Уравнения теплового баланса для неподвижного и движущегося источника. Глубокое проплавление. Объемное испарение.	2
14	5	Процессы плавления порошков лазерным лучом. Влияние параметров процесса на свойства полученных изделий. технологии. Технологии плавления на подложке и прямого подвода энергии и материала.	2
15	6	Образование покрытия при газотермическом напылении Структура и свойства газотермических покрытий Факторы, влияющие на структуру и свойства газотермических покрытий. Применение газотермических покрытий. Материалы для газотермического напыления.	2
16	6	Образование покрытия при газотермическом напылении Структура и свойства газотермических покрытий Факторы, влияющие на структуру и свойства газотермических покрытий. Применение газотермических покрытий. Материалы для газотермического напыления. Холодное газодинамическое напыление металла. Механизм образование покрытия при ХГН.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Расчет затрат энергии на нагревание материалов	2
2	2	Расчет теплового эффекта химической реакции	2
3	2	Расчеты по уравнению Клаузиуса-Клапейрона	2
4	3	Оценка возможности протекания процесса	2
5	3	Анализ диграммы состояния двухкомпонентной системы.	2
6	3	Количественные расчеты по диаграмме состояния	2
7	4	Определение порядка реакции	2
8	5	Определение глубины прогретого слоя и распределения температуры по глубине слоя при лазерном нагреве материала	2

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 экзамену	ПУМД. осн. 1-3; ЭУМД 2, 3, 4, 8, 9.	1	18
Решение задач по разделу 5	ЭУМД 9	1	15,5

Подготовка к экспресс-контролю по разделу 2	ПУМД осн. 1;	1	12
Решение задач по разделу 3	ПУМД МПСР 1, гл. 3, 4 ЭУМД 1, гл. 3, 4; ЭУМД 7.	1	18
Подготовка контрольной работы по теоретической части раздела 5	ПУМД доп. 1-3; ЭУМД 3-6, 8.	1	15
Решение задач по разделу 2	ПУМД МПСР 1, гл. 1. ЭУМД 1, гл. 1; ЭУМД 7.	1	18
Решение задач по разделу 4	ПУМД МПСР 1, гл.6. ЭУМД 1, гл. 6; ЭУМД 7	1	18
Подготовка контрольной работы по теоретической части раздела 6	ПУМД доп. 4; ЭУМД 9.	1	15
Подготовка к экспресс-контролю по разделу 3.	ПУМД. осн. 3	1	12
Подготовка к экспресс-контролю по разделу 4.	ПУМД осн. 2.	1	12

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	1	Текущий контроль	Проверка решения задач по разделу 2	1	6	Студент решает 2 задачи по разделу. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). Правильно решенная и оформленная задача оценивается в 3 балла. Задача, решенная с погрешностями в расчетах или оформлении, оценивается в 2,5 балла. Задача решенная верно, но с существенными погрешностями, оценивается в 2 балла. Задача, решенная неверно или не решенная, не оценивается.	экзамен
2	1	Текущий контроль	Проверка решения задач по разделу 3	1	6	Студент решает 2 задачи по разделу. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом	экзамен

						ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). Правильно решенная и оформленная задача оценивается в 3 балла. Задача, решенная с погрешностями в расчетах или оформлении, оценивается в 2,5 балла. Задача решенная верно, но с существенными погрешностями, оценивается в 2 балла. Задача, решенная неверно или не решенная, не оценивается.	
3	1	Текущий контроль	Проверка решения задач по разделу 4	1	6	Студент решает 2 задачи по разделу. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). Правильно решенная и оформленная задача оценивается в 3 балла. Задача, решенная с погрешностями в расчетах или оформлении, оценивается в 2,5 балла. Задача решенная верно, но с существенными погрешностями, оценивается в 2 балла. Задача, решенная неверно или не решенная, не оценивается.	экзамен
4	1	Текущий контроль	Проверка решения задач по разделу 5	1	6	Студент решает 2 задачи по разделу. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). Правильно решенная и оформленная задача оценивается в 3 балла. Задача, решенная с погрешностями в расчетах или оформлении, оценивается в 2,5 балла. Задача решенная верно, но с существенными погрешностями, оценивается в 2 балла. Задача, решенная неверно или не решенная, не оценивается.	экзамен
5	1	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 2	1	10	Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме). Ответы загружаются в электронную среду (ЮУрГУ 2.0). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от	экзамен

						24.05.2019 г. № 179 и № 25-13/09 от 10.03.2022). 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.	
6	1	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 3	1	10	Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме). Ответы загружаются в электронную среду (ЮУрГУ 2.0). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 и № 25-13/09 от 10.03.2022). 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.	экзамен
7	1	Текущий контроль	Экспресс-контроль усвоения раздела 4	1	10	Студент отвечает на вопросы по теме раздела. Опрос проводится в виде тестирования (компьютерного либо в письменной форме). Ответы загружаются в электронную среду (ЮУрГУ 2.0). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 и № 25-13/09 от 10.03.2022). 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.	экзамен
8	1	Текущий контроль	Проверка контрольной работы по теоретической части раздела 5	1	6	Студент выполняет письменный ответ на 2 вопроса по теоретической части раздела 5. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом	экзамен

						ректора от 24.05.2019 г. № 179 и № 25-13/09 от 10.03.2022). Правильный ответ на теоретический вопрос оценивается в 3 балла. Ответ на теоретический вопрос, выполненный с погрешностями, оценивается в 2 балла (после защиты ответа оценка может быть повышена до 3 баллов). Ответ с грубыми погрешностями оценивается в 1 балл. Отсутствие ответа на теоретический вопрос оценивается в 0 баллов.	
9	1	Текущий контроль	Проверка контрольной работы по теоретической части раздела 6	1	6	Студент выполняет письменный ответ на 2 вопроса по теоретической части раздела 6. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 и № 25-13/09 от 10.03.2022). Правильный ответ на теоретический вопрос оценивается в 3 балла. Ответ на теоретический вопрос, выполненный с погрешностями, оценивается в 2 балла (после защиты ответа оценка может быть повышена до 3 баллов). Ответ с грубыми погрешностями оценивается в 1 балл. Отсутствие ответа на теоретический вопрос оценивается в 0 баллов.	экзамен
10	1	Промежуточная аттестация	Контрольное мероприятие промежуточной аттестации (экзамен)	-	20	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). Промежуточная аттестация проводится в форме тестирования (компьютерного или письменного) либо в письменном виде по билетам. В тесте 20 вопросов по темам, изученным в течение всего курса, Экзаменационный тест формируется как из вопросов тестов, пройденных во время экспресс-контроля усвоения разделов дисциплины, так и из тестовых вопросов к разделам, не охваченных экспресс-контролем. Время на прохождение теста 25 минут. Студенту дается 2 попытки, засчитывается лучшая из них. Правильный ответ на вопрос оценивается в 1 балл, неверный ответ	экзамен

					оценивается в 0 баллов. Максимальное количество баллов 20. В билете 5 вопросов, на ответы дается 1 час. После проверки письменного ответа студенту могут быть заданы уточняющие вопросы по темам вопросов билета. Критерии оценивания ответов: правильный ответ на вопрос оценивается в 4 балла; правильный ответ с погрешностями оценивается в 3 балла; неполный ответ оценивается в 2 балла; неправильный ответ на вопрос или отсутствие ответа оцениваются в 0 баллов. Максимальное количество баллов – 20.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). Оценка за дисциплину формируется на основе величины рейтинга обучающегося по дисциплине: "Отлично" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %; "Хорошо" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %; "Удовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %; "Неудовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (экзамен) для улучшения своего итогового рейтинга по дисциплине.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
УК-2	Знает: закономерности изменения физико-химических свойств; методы определения физико-химических свойств материалов и сварных соединений, единичные и комплексные показатели надежности готовых изделий, а также основные виды, причины и закономерности их отказов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
УК-2	Умеет: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-химических свойств продукции; разрабатывать программы испытаний, выбирать критерии и методы оценки показателей физико-химических свойств и надежности сварных изделий	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
УК-2	Имеет практический опыт: методик расчетной-экспериментальной оценки показателей надежности и физико-химических свойства сварных изделий; методики введения и редактирования свойства материалов при компьютерном моделировании; по определению	+	+	+	+			+			+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Основы термодинамики и термодинамика растворов [Текст] учеб. пособие А. А. Лыкасов и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. - 50, [2] с. ил.
2. Поверхностные явления и химическая кинетика [Текст] учеб. пособие В. М. Жихарев, Ю. С. Кузнецов, Б. И. Леонович и др.; Челяб. гос. техн. ун-т, Каф. Физ.-хим. исслед. металлург. процессов ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1996. - 82, [2] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1989. - 301 с. ил.
2. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности "Машины и технология высокоэффектив. процессов обраб. материалов" направления "Машиностр. технологии и оборудование" А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров ; под ред. А. Г. Григорьянца. - Изд. 2-е, стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 663 с.
3. Лазерная техника и технология Кн. 5 Лазерная сварка металлов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов Учеб. пособие для техн. вузов: В 7 кн. Под ред. А. Г. Григорьянца. - М.: Высшая школа, 1988. - 207 с. ил.
4. Хасуи, А. Наплавка и напыление Пер. с яп. В. Н. Попова; Под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. - М.: Машиностроение, 1985. - 239 с. ил.

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

1. Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия науч.-техн. журн. Гос. технол. ун-т "Моск. ин-т стали и сплавов" (МИСиС), ЗАО "Калвис" журнал. - М., 2008-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

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

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

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

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронный каталог ЮУрГУ	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 http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000508586
2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Жихарев, В. М. Химическое и фазовое равновесие [Текст] учеб. пособие В. М. Жихарев, Ю. С. Кузнецов, В. И. Шишков ; Челяб. политехн. ин-т им. Ленинского комсомола, Каф. Физ.-хим. исслед. металлург. процессов ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧПИ, 1986. - 56 с. ил. электрон. версия http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000031505

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru>)(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
Лекции	408 (1)	Компьютер, проектор, интерактивная доска
Практические занятия и семинары	314 (1)	Компьютер, проектор
Самостоятельная работа студента	101 (3д)	Компьютеры с доступом к локальной сети университета